Б.Ф. ЩЕРБАКОВ, Б.В. РУМЯНЦЕВ

ПРОТИВОТАНКОВЫЕ РАКЕТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Министерство образования и науки Российской Федерации
Балтийский государственный технический университет «Военмех»

Б.Ф. ЩЕРБАКОВ, Б.В. РУМЯНЦЕВ

ПРОТИВОТАНКОВЫЕ РАКЕТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

Учебное пособие

Санкт-Петербург
2010

УДК 623.19:623.462.122(075.8)
Щ61

Щ61 **Щербаков, Б.Ф.**
Противотанковые ракетные комплексы: учебное пособие / Б.Ф. Щербаков, Б.В. Румянцев; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2010. – 101 с.
ISBN 978-5-85546-552-5

Рассматриваются устройство и функционирование противотанковых ракетных комплексов для неуправляемых и управляемых боеприпасов. В связи с широким применением кумулятивных боевых частей излагаются теоретические основы кумулятивного эффекта, практические рекомендации по применению и защите от его действия по поражаемому объекту.

Предназначено для студентов 4–5-го курсов, обучающихся по специальности «Стартовые и технические комплексы ракет и космических аппаратов»

УДК 623.19:623.462.122(075.8)

Рецензенты: зам. глав. конструктора ФГУП СКТБ «Технолог», д-р техн. наук *С.А. Душенок*; зав. каф. Е3 БГТУ, д-р техн. наук, проф. *Б.Э. Кэрт*

ISBN 978-5-85546-552-5

ВВЕДЕНИЕ

Положительный опыт использования англичанами бронетанковой техники против немецкой армии в период Первой мировой войны явился основой для рождения нового вида вооруженных сил, который благодаря своим выдающимся боевым качествам получил интенсивное развитие во многих странах.

Практически одновременно с появлением танков возникло оружие, предназначенное для борьбы с ними. Вначале это было приспособление обычных артиллерийских систем для стрельбы прямой наводкой. В этот период возникло своеобразное противостояние между средствами защиты танков и средствами их поражения, которое с переменным успехом, но с все большим напряжением продолжается до настоящего времени. В ходе этой борьбы и те и другие непрерывно совершенствуются.

«Дуэль» между средствами нападения и средствами защиты от танков представляет самостоятельный интерес и, по-видимому, будет продолжаться до тех пор, пока для решения проблем во взаимоотношениях между государствами будет использоваться военная сила.

В настоящее время созданы образцы танков, боевые качества которых трудно было представить себе каких-нибудь 20 лет назад. Современные танки отличаются высокой скоростью движения, маневренностью, живучестью, мощным и разнообразным вооружением, способностью противостоять поражающим факторам ядерного взрыва и многими другими боевыми характеристиками.

Внедрение принципа реактивного движения, кумулятивных боевых частей, высокоинтеллектуальных способов управления полетом противотанковых ракет со стороны средств поражения позволили добиться впечатляющих результатов по таким параметрам, как бронепробиваемость, точность попадания в цель и высокая помехозащищенность.

В настоящем пособии при изложении использован комплексный подход, позволяющий читателю ознакомиться со всеми элементами ракетного комплекса: ракетами, пусковыми устройствами, средствами транспортировки и другим оборудованием. Для лучшего понимания процесса развития противотанкового оружия материал излагается в исторической последовательности.

Разделы 1–3 написаны профессором каф. А4 Б.Ф. Щербаковым.

Четвертый раздел (автор – старший научный сотрудник Физико-технического института им. А.Ф. Иоффе РАН Б.В. Румянцев) посвящен взрывчатым веществам, принципам работы кумулятивного заряда, гидродинамической теории кумуляции при взрывном обжатии металлов, теории внедрения кумулятивной струи в различные материалы.

Авторы признательны ведущему научному сотруднику ОАО «ВНИИТрансмаш» Е.В. Погудину, сотрудникам БГТУ М.В. Трибелю, Т.П. Михайловой и О.Я. Першиной за помощь при написании и оформлении пособия.

Принятые сокращения

АЗ – активная защита
БГ – боеголовка
БМП – боевая машина пехоты
БМ – боевая машина
БРДМ – боевая разведывательно-дозорная машина
БТТ – бронетанковая техника
БТР – бронетранспортер
БЧ – боевая часть
ВВ – взрывчатое вещество
ВВТ – вооружение и военная техника
ВНИИ – Всероссийский научно-исследовательский институт
ВОВ – Великая Отечественная война
ГАУ – Главное артиллерийское управление

ГССН – Главная система спутниковой связи
ГСН – головка самонаведения
ГСМ – горючесмазочный материал
ГТД – газотурбинный двигатель
ДЗОТ – долговременная земляная огневая точка
ДЗ – динамическая защита
ДОТ – долговременная огневая точка
КБЧ – кумулятивная боевая часть
КЗ – кумулятивный заряд
КОЭП – комплекс оптико-электронного противодействия
КС – кумулятивная струя
МАЗ – Минский автомобильный завод
МТО – моторно-трансмиссионное отделение танка
НАУ – наземная аппаратура управления
НДЗ – навесная динамическая защита
НИР – научно-исследовательская работа
ОБТ – основной боевой танк
ОКР – опытно-конструкторская работа
ПД – продукты детонации
ПГК – противотанковый гранатометный комплекс
ПО – производственное объединение
ПТРК – противотанковый ракетный комплекс
ПТУР – противотанковая управляемая ракета
ПТРД – противотанковое ружье В.А.Дегтярева
ПТРС – противотанковое ружье С.Г.Симонова
ПУ – пусковая установка
РЛС – радиолокационная станция
РПГ – ручной противотанковый гранатомет
САУ – самоходная артиллерийская установка
СВМ – высокопрочное полиамидное волокно
СПТ – станковый противотанковый гранатомет
ТТХ – тактико-технические характеристики
ТПК – транспортно-пусковой контейнер
ФГУП – Федеральное государственное унитарное предприятие
ХМ – хрупкие материалы
ЭМИ – электромагнитный импульс

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БРОНЕТАНКОВОЙ ТЕХНИКИ (БТТ)

1.1. Краткая история возникновения и развития БТТ

Английские бронированные гусеничные машины, вооруженные пушками и пулеметами, получившие в дальнейшем общее наименование «танки», были впервые применены в Первой мировой войне в бою на р. Сомме против немецкой армии в количестве 49 ед. Англичане прорвали оборону немцев на глубину 5 км, такой же была ширина прорыва. Применение бронетанкового оружия произвело на противника заметное психологическое воздействие, что содействовало в дальнейшем развитию этого нового вида вооружения. В 1917 г. появился новый английский танк «Марка-А», несколько позже во Франции – малогабаритный танк «Рено», в конце войны в США – английские танки типа «Марка-V».

В советской России первый танк был выпущен Сормовским заводом в 1920 г. В известной мере это была копия трофейного французского танка «Рено», но с самостоятельной разработкой коробки передач, бортовых фрикционов и других механизмов. В последующие годы отечественными заводами была изготовлена целая серия боевых машин МС-1, Т1-12, танкетка Т-27, плавающий танк Т-37, Т-38, БТ-2, БТ-7.

В начале 1930-х годов на танках стали использовать дизельные двигатели и противоснарядное бронирование (танк Т-26, тяжелый танк Т-35, СМК, КВ-1 и др.). Летом 1939 г. конструкторы М.И.Кошкин и А.А.Морозов завершили создание танка Т-32, после его незначительной модернизации 19 декабря 1939 г. он был принят на вооружение под обозначением Т-34.

Третий этап развития советского танкостроения начинается с 1940 г., когда стала возможной организация крупносерийного производства таких машин, как Т-34, КВ, ИС-1 (рис. 1.1,1.2).

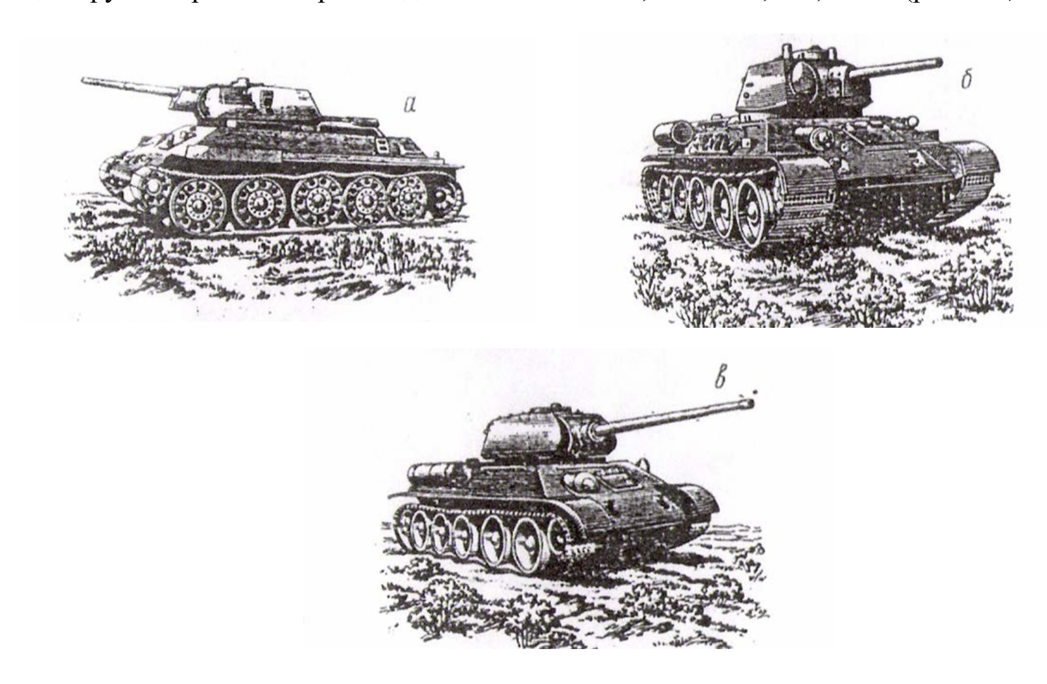


Рис. 1.1. Отечественные средние танки периода Великой Отечественной войны:
а – Т-34 (1941 г.); *б* – Т-34 (1943 г.); *в* – Т-34-85 (1944 г.)

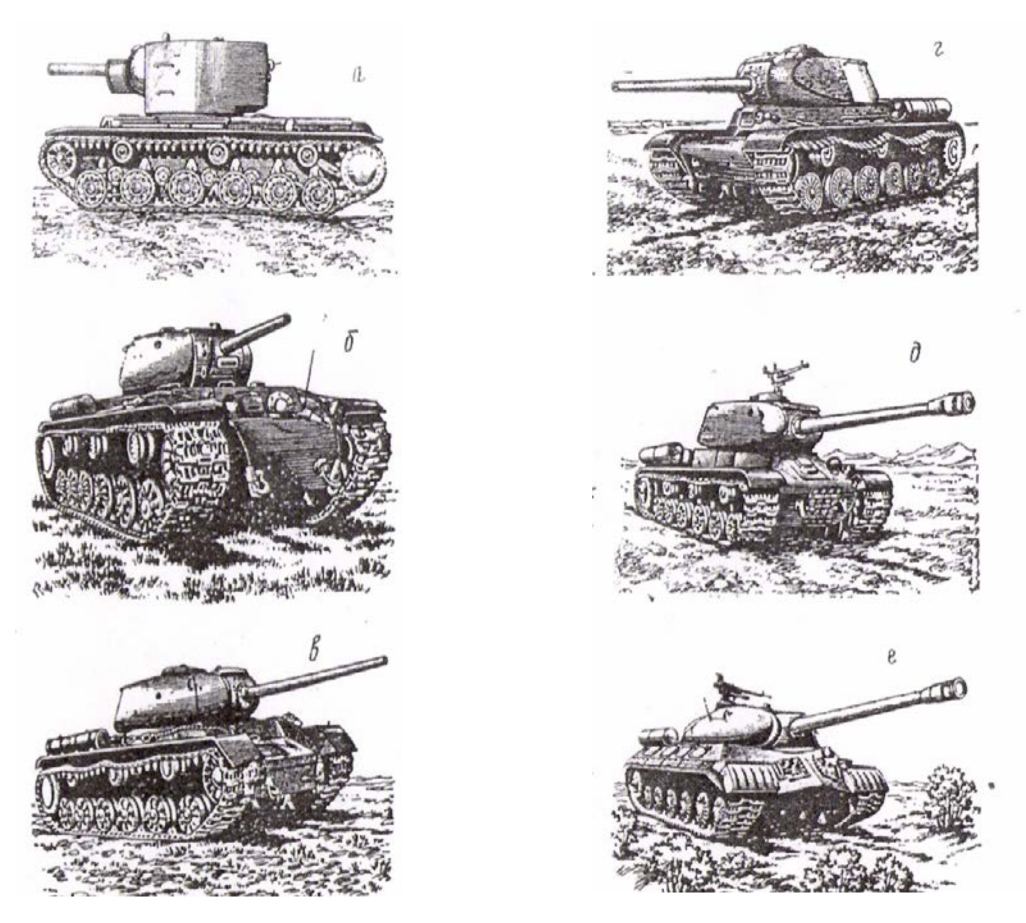


Рис. 1.2. Отечественные тяжелые танки: *а* – КВ-2; *б* – КВ-1С; *в* – КВ-85; *г* – ИС-1; *д* – ИС-2; *е* – ИС-3

Основные тактико-технические данные отечественных танков периода Великой Отечественной войны представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Основные тактико-технические данные отечественных танков периода Великой Отечественной войны

Марка танка	Боевой вес, т	Экипаж, чел.	Вооружение				Толщина лобовой брони, мм	Мощность двигателя, л.с.	Скорость макс., км/ч	Запас хода по шоссе, км	Удельное давление, кг/см^2
			пушка		пулеметы						
			количество	калибр, мм	количество	калибр, мм					
Т-50	14,0	4	1	45	1	7,62	37	300	60	344	-
Т-40	3,5	2	-	-	1	7,62	13	70	44/5*	330	0,44
					1	12,7	35			450	0,46
Т-60	6,4	2	1	20	1	7,62	35-45	70	42	250	-
Т-70	10,0	2	1	45	1	7,62		-	45		
Т-34 (1940г)	26,5	4	1	76	2	7,62	45	500	51,2	370	0,65
Т-34 (1943г)	31,0	4	1	76	2	7,62	45	500	51,2	430	0,83
Т-34-85	32,0	5	1	85	2	7,62	45	500	51,2	420	0,83
КВ-1С	42,5	5	1	76	3	7,62	75	600	42	250	0,8
КВ-85	46,0	4	1	85	3	7,62	75	600	42	250	0,83
ИС-1	44	4	1	85	3	7,62	120	520	37	240	0,83
ИС-2	46	4	1	122	3	7,62	120	520	37	240	0,82
					1	12,7					

*В числителе – по суше, в знаменателе – на воде.

Среди перечисленных боевых машин основным и единственным средним танком благодаря своим конструктивным и боевым свойствам оставался Т-34. Немецкий генерал Гудериан свидетельствует: «Противник…располагал новым типом танка Т-34, который намного превосходил немецкие машины своей проходимостью, толщиной брони и бронебойностью пушки». Конструкция Т-34 в период ВОВ постоянно совершенствовалась. В декабре 1943 г. на вооружение поступил танк Т-34-85, в 1944 г. их число составило 11000 единиц.

К числу удачных боевых машин тяжелого класса относится танк ИС-2, который был на 11 т легче немецкого «тигра», превосходил его по бронезащите в 1,5 раза, пушка имела наибольший калибр – 122 мм. Немецкие танкисты избегали встреч с нашим ИС-2.

Всего за годы Великой Отечественной войны наша промышленность выпустила 95099 танков и самоходных артиллерийских установок (САУ), что явилось значительным вкладом в победу над врагом.

Во Второй мировой войне наши союзники Англия и США также широко применяли собственную бронетанковую технику. Так, в 1940 г. в боях на территории Франции использовались танки Мк-II «Матильда» с противоснарядным бронированием, пехотный танк Мк-III «Валентайн». В конце 1941 г. английские специалисты создали танк Мк-IV «Черчилль» и «Кромвелл». Наиболее удачным в бронетанковых войсках Великобритании считается танк «Комета», который по многим своим характеристикам повторял наш Т-34 (табл. 2). На вооружении армии США имелись только легкие и средние танки. Наибольшее применение на полях Второй мировой войны нашли танки М3 и М4-А2 «Шерман», основные ТТХ которых приведены в табл. 2. В тот период «Шерман» был наиболее распространенной боевой машиной в США, Англии и ряде других стран.

Т а б л и ц а 2

Основные ТТХ зарубежных танков

Страна	Марка танка	Боевой вес, т	Экипаж, чел	Вооружение				Толщина лобовой брони, мм	Скорость макс., км/ч
				пушка		пулеметы			
				количество, шт.	калибр, мм	количество, шт.	калибр, мм		
Англия	МкII «Матильда»	25	3	1	40	2	7,62	80	25
	МкIII «Валентайн»	16,5	3	1	40	1	7,62	60	30
	МкIV «Черчилль»	40	5	1	57	2	7,62	150	28
	«Кромвелл»	28	5	1	75	3	7,62	65	60
	«Комета»	33,5	5	1	77	2	7,62	76	48
	«Тетрарх»	8,5	-	1	40	1	7,62	-	64
США	М3ср.	25	7	1	37	4	7,62	50	37
				1	75				
	М4-А2 «Шерман»	32	5	1	75	1	7,62	40	40
						1	12,7		
Германия	Т-IIб	6-7	2	-	-	2	7,92	14	50
	Т-III	20	5	1	37	2	7,92	30	55
	Т-IV	24	5	1	75	2	7,92	40	40
	Т-IIIм	22,7	5	1	50	2	7,92	50-30	40
	Т-IVм	24	5	1	75	1	7,92	50-30	40
	Т-V «Пантера»	43,5	5	1	75	2	7,92	85-65	50
	Т-VII «Тигр»	57	5	1	88	2	7,92	100	44
	Т-VIB «Королевский Тигр»	68	5	1	88	2	7,92	150	41,5

Сопоставим типы бронетанковой техники СССР и его союзников с образцами бронированных машин немецкой армии.

В нарушение Версальского договора, запрещавшего Германии проводить исследования в области танкового вооружения, ряд автомобильных фирм в 1928 г. приступили к проведению работ в этом направлении. В 1936-37 гг. на вооружение армии Германии были приняты танки Т-II, Т-III, Т- IV. Основными считались Т-III с пушкой калибром 37 мм и Т-IIIМ с пушкой калибром 50 мм (рис. 1.3). Танк Т-IV был танком поддержки и имел пушку калибром 75 мм.



Рис. 1.3. Немецкий средний танк Т-IIIМ

К моменту нападения на Советский Союз вермахт создал значительный танковый потенциал из танков как собственного производства, так и оккупированных Германией стран. В первых же боевых столкновениях обнаружилось, что советские танки Т-34 и КВ превосходят по своим тактико-техническим характеристикам немецкую технику, что вынудило немецкую танковую промышленность приступить к модернизации БТТ. Был увеличен калибр танковых пушек и толщина лобовой брони. В 1943 г. на вооружение немецкой армии поступили тяжелые танки T-V («Пантера»), T-II («Тигр») и самоходная установка «Фердинанд». В 1944 г. появился 70-тонный тяжелый танк T-IVB («Королевский тигр»), имевший скорость движения 25 км/ч и пушку калибром 88 мм, что не повлияло на успешные военные действия наступающей Красной Армии. Военная промышленность смогла выпустить только 53800 танков, уступающих образцам советской бронированной техники.

Советское танкостроение с честью выдержало суровые испытания войны. Наши танки имели лучшие тактико-технические характеристики. Отечественная промышленность обеспечила превосходство и в количестве выпускаемой боевой техники. Нижнетагильский завод ежедневно отправлял на фронт 25 танков Т-34.

В послевоенные годы работа по совершенствованию бронетанковой техники была продолжена, чему способствовало развязанное западными странами противостояние, получившее название «холодной войны». Сегодня бронетанковый кулак блока НАТО, созданного в 1949 г., насчитывает более 30000 танков, из которых 15000 размещены в Европе и нацелены на Восток. При этом почти 70% бронетанковой техники НАТО являются современными машинами, отвечающими всем требованиям боя XXI в.

В российских Вооруженных силах в настоящее время имеется 15000 танков, из них за ближайшие пять лет будет утилизировано 8000, а ежегодное восполнение танкового парка составляет в среднем 150 машин.

В начале второй половины XX в. в СССР была сформулирована задача по созданию так называемых основных боевых танков (ОБТ), тактико-технические и боевые качества которых удовлетворяли бы высоким требованиям, предъявляемым к БТТ в современных боестолкновениях.

Основные усилия отечественной танковой промышленности направлены на совершенствование вновь создаваемых образцов, повышение боевых свойств, улучшение защищенности танков от кумулятивных средств поражения путем применения защитных экранов, новых типов брони, многослойной брони с включением неметаллических материалов и др. В течение нескольких лет доказана возможность использования легких сплавов на основе алюминия и титана, керамических (ультрафарфоровых) вставок, а также стеклопластика, заметно увеличившего защиту от проникающей радиации. Положительные результаты получены при использовании навесной динамической защиты (НДЗ). В лабораторных условиях исследован способ гашения кумулятивной струи с помощью электрического разряда большой мощности. Из числа активных методов защиты бронетехники рассмотрена возможность поражения подлетающих ПТУР стрельбой из скорострельных пулеметов. Выполнены широкие НИР и ОКР по созданию помех на подлете ПТУР, по снижению теплового поля движущихся боевых машин. Реализована обширная программа по оптимизации огневых средств танка: танковых пушек и пулеметов, а также применение ракетных боеприпасов. В этот же период были развернуты работы по созданию газотурбинного двигателя (ГТД) для моторно-трансмисионного отделения (МТО) танка. Продолжились работы и по совершенствованию дизельных силовых установок.

Важное значение имели исследования, направленные на улучшение обитаемости экипажа и его защиты от воздействия поражающих факторов ядерного оружия. Введение автомата заряжения танковой пушки позволило ограничить экипаж танка тремя танкистами: командиром, механиком-водителем и наводчиком.

На основе всех этих работ в период ВОВ в России была создана современная отрасль, предназначенная для создания бронетанковой техники, отвечающей самым высоким требованиям. Наиболее известные предприятия этой отрасли – научно-исследовательские институты ВНИИ-Трансмаш, НИИ-100, КБ при Харьковском заводе им. В.А. Малышева (в советское время), Уральское КБ транспортного машиностроения при ФГУП ПО «Уралвагон-завод им. Ф.Э.Дзержинского», Омский завод им. Октябрьской революции, Челябинский тракторный завод и др. Усилиями ученых и конструкторов, трудовыми коллективами перечисленных предприятий Красная Армия в послевоенные годы была вооружена: средними танками Т-54, Т-55, Т-62, основными танками Т-64, Т-72, Т-80, Т-90С, другой боевой техникой.

Ракетно-пушечный танк Т-90С (рис. 1.4) – последняя разработка Уральского конструкторского бюро транспортного машиностроения – вершина отечественного танкостроения. В справочнике «Бронетанковая техника мира» отмечается, что «за выдающиеся ходовые качества, продемонстрированные в 1996 г. на выставке вооружений в Абу-Даби, он получил титул «летающего танка»». Сегодня это единственный в мире ракетно-пушечный танк с броней, содержащей динамическую защиту, и оптикоэлектронной системой подавления огня противника. Танк Т-90С с экипажем в три человека, при традиционно больших для российских танков боевой массе в 46,5 т и габаритах, может передвигаться со скоростью до 60 км/ч и вести эффективную борьбу с наземными и воздушными целями. Кроме 125-мм гладкоствольной пушки повышенной точности со встроенной системой выверки и быстросъемным стволом, танк оснащен спаренным с ним 7,62-мм и крупнокалиберным 12,7-мм зенитным пулеметом. Мощные огневые возможности Т-90С дополняются повышенной противоминной стойкостью, пониженной вероятностью его обнаружения и поражения, автоматическими системами защиты от оружия массового поражения и пожаротушения, средствами связи нового поколения. Такие боевые возможности позволяют Т-90С решать широкий круг боевых задач в наступлении и обороне.



Рис. 1.4. Отечественный основной танк Т-90С

В табл. 3 приводятся тактико-технические данные современных танков стран НАТО и отечественного Т-90С.

Таблица 3

ТТХ современных танков стран НАТО и отечественного Т-90С

Страна	Марка танка	Боевой вес, т	Экипаж, чел.	Вооружение				Толщина лобовой брони, мм	Скорость хода, км/ч
				пушка		пулеметы			
				кол-во, шт	калибр, мм	кол-во, шт	калибр, мм		
США	M60A1	48	4	1	105	1	12,7	270	48
Германия	«Леопард-1»	40	4	1	105	1	7,62	200-230	65
Великобритания	«Чифтен»Мк2	52,2	4	1	120	2	7,62	400	40
Франция	АМХ-30	36	4	1	105	1	12,7 7,62	200-250	65
Российская Федерация	Т-90С	46,5	3	1	125	2	7,62 12,7	Многослойная	60

Из сопоставления приведенных данных следует, что по своим характеристикам наш основной танк не уступает зарубежным, но в количественном отношении перед нашей бронетанковой промышленностью стоят еще серьезные задачи.

1.2. Роль и значение БТТ в современных условиях ядерного противостояния

Бронетанковая техника в составе вооруженных сил всегда играла важную, в отдельных случаях решающую роль. Об этом свидетельствуют исторические события, яркой краской вписанные в героическое прошлое нашего народа.

Первые серьезные испытания выпали на долю танковых подразделений в боях с фашизмом в Испании, у озера Хасан и реки Халхин-Гол на Дальнем Востоке.

Важнейшая роль в Великой Отечественной войне принадлежала танковым частям и соединениям, которые, обладая высокой маневренностью и мощным артиллерийским огнем, совершали наступательные операции, рассекали вражескую оборону, окружали группировки противника, уничтожали живую силу, бронетехнику и узлы сопротивления. Сталинградская битва и сражение на Курской дуге, бои на полях Правобережной Украины и в Белоруссии, операции на Висле и Одере, при взятии Берлина и освобождении Праги – все это неоспоримо доказало необходимость танковых подразделений в обеспечении победы над врагом. Поэтому для успешного решения боевых задач, кроме высококлассной боевой техники, необходимы высокопрофессиональные кадры, отличающиеся высокой волевой и физической подготовкой.

Театр военных действий танковых соединений часто исчисляется в сотнях километров, в том числе по бездорожью, по сильно пересеченной местности, в сложных климатических условиях, иногда на территории, занятой противником.

С окончания Второй мировой войны прошло более полувека. За этот период времени произошли существенные изменения: в ряде государств появилось ядерное оружие. Следствием нарушения баланса сил, сложившегося в послевоенный период, стали распад социалистического лагеря, разрушение Советского Союза, возникновение многочисленных очагов напряженности, локальных конфликтов. Вооруженные силы НАТО в ряде мест вплотную приблизились к границам Российской Федерации. Вопреки международному праву и без санкции ООН были применены вооруженные силы (Югославия, Ирак и др.).

В сложившейся геополитической обстановке роль и значение танкового вооружения в составе современной армии многократно возросли, прежде всего с принятием на вооружение ядерного оружия, в том числе тактического.

Ядерным оружием называются боеприпасы (боевые части ракет, авиационные бомбы, артиллерийские снаряды, мины), действие которых основано на использовании внутриядерной энергии, выделяющейся при ядерных взрывных реакциях [1]. Энергия ядерных боеприпасов оценивается тротиловым эквивалентом и количественно выражается в килотоннах или мегатоннах взрывчатого вещества (тротила), при взрыве которого выделяется энергия, равная энергии ядерного взрыва. Основными поражающими факторами ядерного оружия являются ударная волна, радиация, световое излучение и электромагнитный импульс. Поражающее действие ударной волны зависит от величины тротилового эквивалента и длительности фазы сжатия.

Безопасным для человека является избыточное давление ударной волны в воздухе 9,8 кПа (0,1 кгс/см^2) при любой длительности фазы сжатия. Бронетанковая техника благодаря броневой защите корпуса и башни позволяет выдерживать значительно более высокие избыточные давления.

Радиационное излучение ядерного взрыва проявляется в виде:

– первичной радиации, возникающей в момент взрыва;

– радиации зараженной местности, создаваемой радиоактивными изотопами, выпадающими на землю через 30-40 минут после взрыва, а также в виде активации химических элементов земли (Al, Na, Mn, Si, Mg и др.);

– наведенной гамма-радиации земли и материала бронированной машины, зависящей от нейтронного потока взрыва.

Максимальная доза радиации, воздействующей на объект в момент взрыва, уменьшается со временем и расстоянием от эпицентра [1]. Проведенные испытания воздействия ядерного оружия на различную боевую технику показали, что наибольшей живучестью обладают танки: в случае применения тактического заряда с тротиловым эквивалентом в 30 кт они частично сохраняют бое-

способность на расстоянии 300 м и более от эпицентра взрыва. Экипажи гибнут на дистанции 700 м от действия ударной волны и получают смертельные дозы радиации на расстоянии в несколько километров. Поэтому уже в танке Т-55 (принят на вооружение в 1959 г.) был предусмотрен комплекс противорадиационной защиты со средствами автоматической герметизации боевого отделения и системой очистки воздуха, позволяющими исключить поступление в боевое отделение радиоактивной пыли. Позднее в танке стали устанавливать специальный подбой (внутренняя обшивка поверхности боевого отделения), ослабляющий проникающее радиоактивное излучение. Согласно оценкам обычная стальная броня тяжелых и средних танков обеспечивала лишь трехкратное, а в сочетании с подбоем 8-10-кратное ослабление проникающей радиации атомного взрыва. Танк Т-64 (принят на вооружение в 1968 г.) рассчитан на 15-16-кратное ослабление радиации, что давало возможность действовать в течение 12 ч на местности с уровнем заражения в 300 рентген/ч. Рабочие места экипажа в этом танке покрывала локальная защита (подбой) от проникающей радиации, кроме этого, танкисты имели индивидуальные противорадиационные жилеты ИПЖ-1.

Особую опасность представляет воздействие нейтронного излучения на ткани и нервную систему. В первом случае происходит биологическое поражение, при котором нарушаются нормальные процессы восстановления тканей. Во втором случае нейтронное излучение воздействует на мозг человека, в результате чего быстро утрачивается способность ориентироваться, выполнять простейшие осмысленные действия, возникают судороги, происходит потеря сознания. Поражающее действие светового излучения ядерного взрыва может вызвать повреждение защитных стекол, электронно-оптических систем, пожары и т.п. При отсутствии защитных средств возможна частичная или полная потеря зрения. Электромагнитный импульс (ЭМИ) ядерного взрыва приводит к нарушению радиосвязи и возникновению ЭДС в кабельных линиях.

На вооружении армии США находятся артиллерийские ядерные снаряды с тротиловым эквивалентом 0,2-2,0 кт, крылатые и неуправляемые ракеты с ядерными боеголовками (20-59 кт), авиационные ядерные бомбы малой и средней (10-200 кт) мощности, стратегические межконтинентальные баллистические ракеты с ядерными боеголовками (от 1 Мт и более) и т.п. В Советском Союзе в 1960 – 1970-х годах развернулись работы по созданию самоходных артиллерийских установок (САУ), гаубиц и минометов калибром от 152,4 мм и выше. Все они могут стрелять ядерными зарядами.

Сценарий войны с применением тактического ядерного оружия описан в работе [2]. «После обмена ядерными ударами танки получают идеальное поле боя, где нет места пехоте с гранатометами, расчетам с ПТУРами, артиллеристам с противотанковыми пушками и т.д. Все, что не защищено броней и комплексом противоатомной защиты, шансов выжить просто не имеет. Действовать продолжает одна бронетехника с явным численным преобладанием средних и основных танков. Причем шансы советских танков более предпочтительны, так как они имеют малые габариты, а их экипажи – противорадиационную защиту. Никакими преимуществами в системах связи и управления огнем западные танки также не располагают, так как электроника вся выжжена электромагнитным импульсом, оптические приборы уничтожены, за исключением самых простейших, чьи линзы можно заменить не выходя из танка. Далее начинается дуэльный танковый бой, на дистанциях не выше дальности прямого выстрела, где все решают начальная скорость полета снаряда, толщина брони и скорострельность орудия. Здесь также преимущество на стороне советских основных танков с их многослойной защитой, автоматами заряжения и гладкоствольными пушками солидного калибра».

В позднейших военных столкновениях наблюдается иная картина. Так, в 1973 г. в ходе очередной войны на Ближнем Востоке половина танков были подбиты ПТУРами, артиллерией и ручными гранатометами, около 20% танков подорваны на минных полях и под ударами авиации. В дуэльных боях уничтожены 30% танков. Расчеты ПТУРов вели огонь на расстояниях 2,5…3 км. В ходе операции «Буря в пустыне» 70% иракских (советских) танков поражены кумулятивными боеприпасами, 20% – артиллерией, 10% – иными противотанковыми средствами.

С учетом складывающейся геополитической обстановки в случае ядерного противостояния следует признать, что единственным видом оружия, способным удержать территорию или отстоять рубежи в течение длительного времени, могут быть только танковые соединения. Конструкция танка способна противостоять поражающим факторам ядерного оружия, а экипаж, в отличие от других родов войск, имеет специальную противорадиационную защиту.

Что же касается количественной стороны вопроса, то, по мнению специалистов бронетанковой промышленности, «для обеспечения Российской армии минимально необходимым количест-

вом современных и боеспособных основных боевых танков (до 4000 единиц) нужно ежегодно выпускать 200 танков и еще 200 модернизировать. Пока что этого нет. Танковый парк, подобно шагреневой коже, продолжает стареть и сжиматься» [3]. Специалисты считают целесообразным осуществлять производство ограниченного количества танков Т-90, модернизировать танки Т-72Б и Т-72Б-1.

1.3. Анализ живучести конструкции танка как объекта поражения

Одним из важнейших свойств танка является его живучесть – способность противостоять воздействию поражающих средств, максимально сохраняя при этом свою боеспособность. При утрате боеспособности должна быть предусмотрена возможность ремонта и восстановления танков силами войсковых служб.

В связи с необычайно быстрым развитием разнообразных средств поражения БТТ, включая ядерное оружие, обеспечение живучести становится чрезвычайно сложной и дорогостоящей задачей. Это проблема комплексная, так как живучесть тесно связана с компоновочной схемой, конструкцией броневых элементов, материала, из которого сделаны эти элементы, заброневыми средствами защиты и предотвращения пожаров. Живучесть БТТ во многом также зависит от мощности вооружения, находящегося на борту танка, профессионализма экипажа, умения пользоваться рельефом местности и других факторов.

Если первые танки были равнопрочными на всех азимутальных углах, то в настоящее время все поверхности броневой машины глубоко дифференцированы. Наиболее защищенными стали лобовые части корпуса и башни, менее – бортовые и меньше всего – кормовые. Большое значение для обеспечения живучести танка имеют углы наклона броневых листов.

Увеличение толщины броневых элементов на наиболее опасных углах атаки со стороны противника привело к росту массовой доли броневой защиты, что явствует из приведенных в табл. 4 данных. Практически 50% массы танка занимают его корпус и башня. Дальнейшее увеличение толщины лобовой брони приводит к возрастанию общей массы боевой машины, что отрицательно сказывается на ее подвижности.

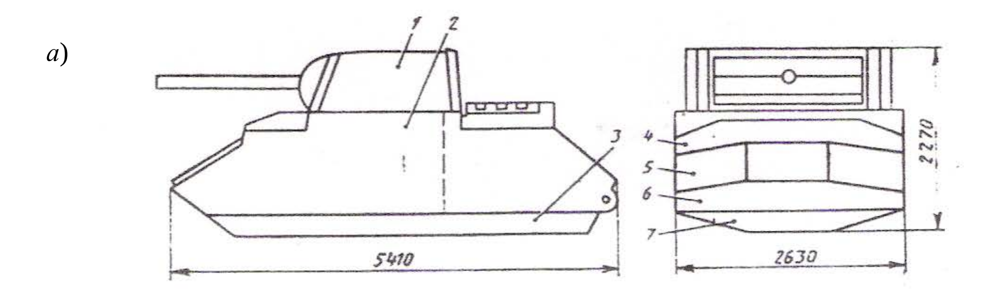
Таблица 4

Изменение массовой доли брони танков периода Второй мировой войны

Год начала серийного производства	Тип танка	Страна-изготовитель	Масса, т (броня/ танк)	Массовая доля брони, %
1941	МК-III «Валентайн»	Великобритания	9,2/16,5	55,7
1942	МК-II «Матильда»		16,4/25,0	66,0
1942	МК-III «Черчилль»		25,9/40,0	64,7
1941	М3-Л	США	7,4/12,7	58,3
1941	М3-С		13,5/25,0	54,0
1942	М4-А2 «Шерман III»		15,2/30,9	49,5
1934	Т-I	Германия	3,2/5,4	59,2
1937	Т-II		4,7/9,5	49,5
1939	Т-III		12,0/19,5	61,0
1942	Т-IV		15,0/23,6	63,5
1942	Т-VI «Тигр»		34,5/56,9	61,6
1943	Т-V «Пантера»		25,0/45,5	55,5
1944	«Фердинанд» (САУ)		42,0/70,0	60,0
1943	Т-34-85	СССР	15,8/32,0	49,5

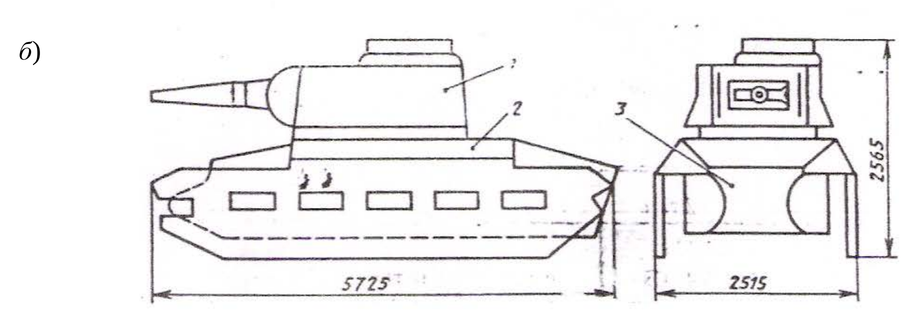
На фоне иностранных танков отечественный Т-34 выглядел более предпочтительным. Противоснарядная броня танков периода Второй мировой войны представляла собой катаные стальные листы разной толщины, которые затем встраивались в корпус танка под различными углами (рис. 1.5). В зарубежных танках защищенность повышалась за счет большей толщины листа лобовых проекций. В танке Т-34 уровень защищенности лобовых проекций корпуса и верхней части борта повышен путем большего угла наклона лобовых листов.

а)



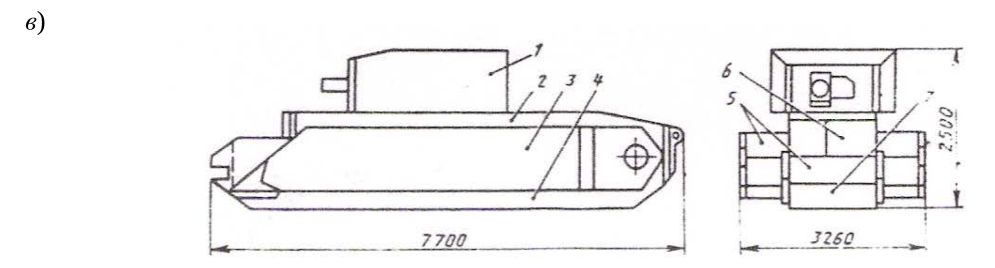
1 – 7 – детали толщиной брони δ = 65; 62; 16; 60; 30; 64 и 25 мм соответственно

б)



1, 2, 3 – детали толщиной брони δ = 65; 70 и 85 мм соответственно

в)



1 – 7 – детали толщиной брони δ = 78; 50; 65+13; 35; 38; 88 и 76 мм соответственно

г)

д)

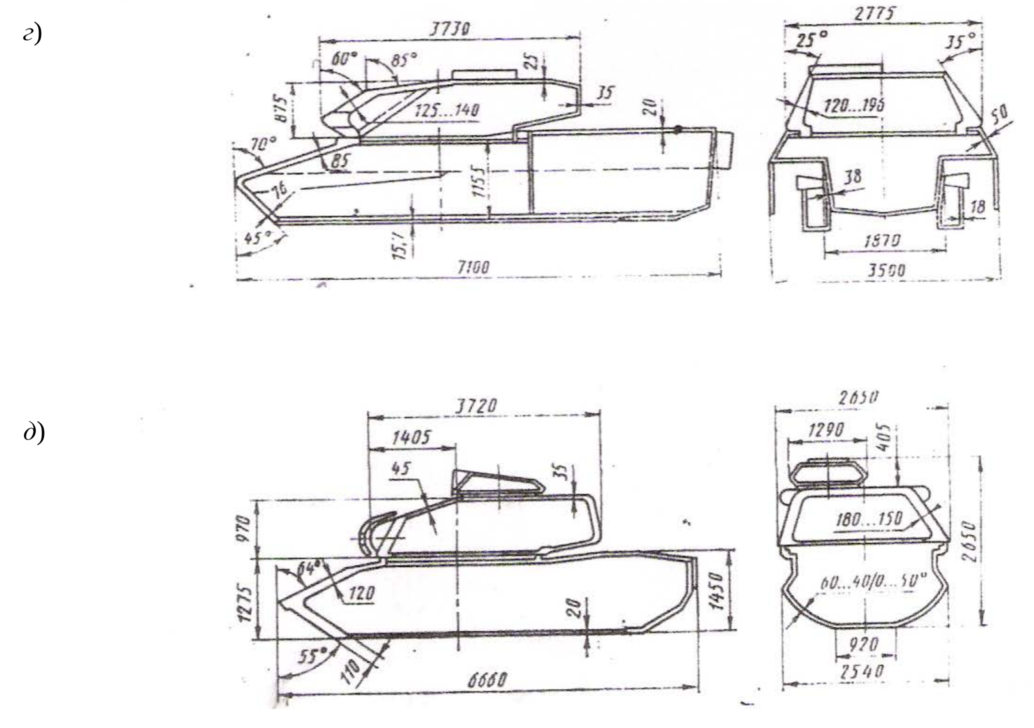
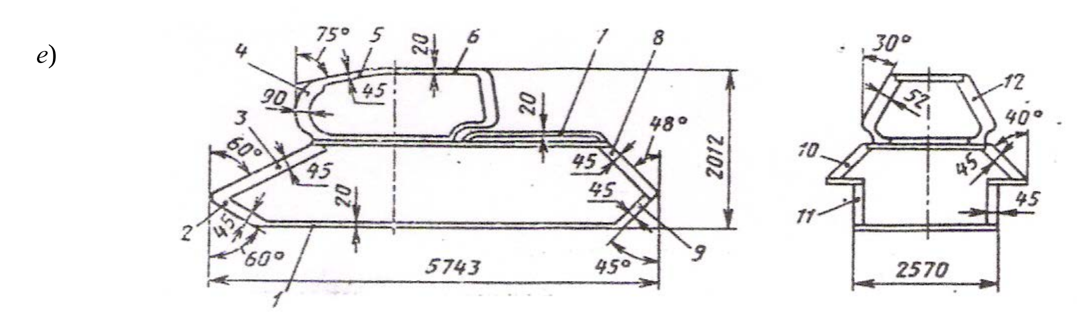


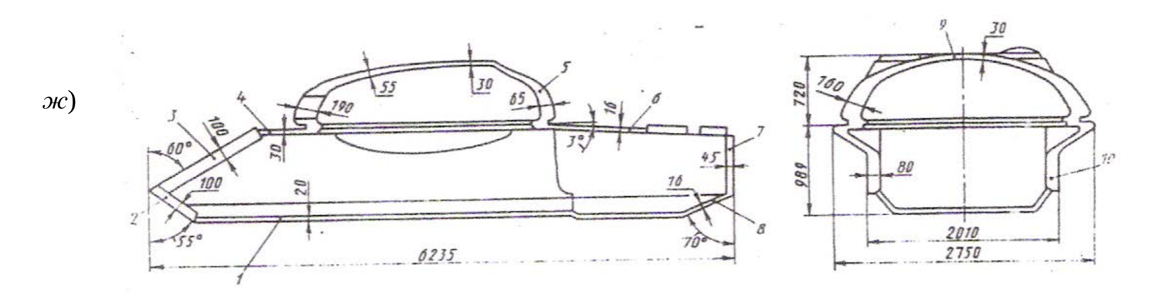
Рис. 1.5. Схемы броневой защиты зарубежных и отечественных танков: *а* – «Валентайн» (Великобритания); *б* – «Матильда» (Великобритания); *в* – «Черчиль» (Великобритания); *г* – «Чифтен»; *д* – М-60А1 (США); *е* – Т-34; *ж* – Т-62; *з* – Т-72

е)



1 – днище корпуса; *2,3* – нижний и верхний лобовые листы корпуса; *4* – лоб башни; *5,6* – передняя и задняя крыша башни; *7* – крыша корпуса; *8* – корма корпуса (верх); *9* – корма корпуса (низ); *10* – борт корпуса (верх); *11* – борт корпуса (низ); *12* – борт башни

ж)



1 – днище корпуса; *2* – нижний лобовой лист корпуса; *3* – верхний лобовой лист корпуса; *4* – крыша корпуса; *5* – корма башни; *6* – крыша МТО; *7* – корма корпуса; *8* – редан; *9* – крыша башни; *10* – борт корпуса

з)

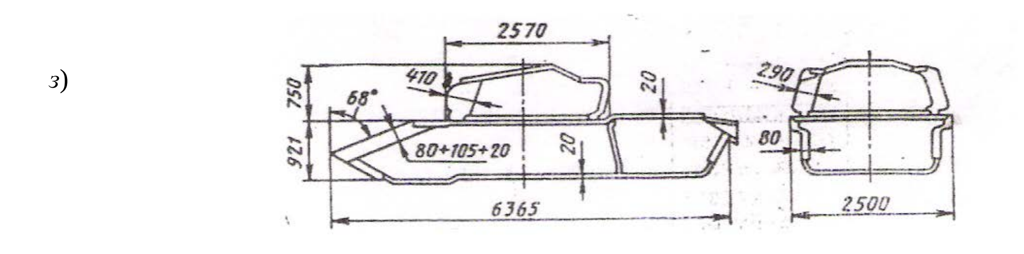


Рис. 1.5. (окончание)

До середины 1970-х годов применялась литая монолитная сталь различной толщины. Пример – цельнолитые корпус и башня на американском танке М-60А1 (рис. 1.5,*д*). На английском танке «Чифтен» защищенность была повышена увеличением угла наклона лобовой детали корпуса (полулежачее положение водителя – табл. 5, рис. 1.5,*г*).

Таблица 5

Толщина брони корпусов и башен танков периода 1958-1975 гг.

Тип танка (страна-изготовитель)	Верхняя лобовая деталь корпуса		Лоб башни	
	Толщина, угол наклона, мм/град	Приведенная горизонтальная* толщина, мм	Толщина / угол наклона, мм/град	Приведенная горизонтальная толщина, мм
Т-55 (СССР)	100/60	200	200/0…105/60	200
Т-62 (СССР)	100/60	200	200/16…50/75	208
Т-64А (СССР)	(80+105+20)/68	330	(110+140+140)/30	450
М-60А1 (США)	110/64		178/30	205
«Леопард-1» (ФРГ)	70/60	140	52/65	200(маска)
«Чифтен» Мк3 (Великобритания)	76/75	307	150/68	125 300

*Имеется в виду горизонтальная толщина, которую должен пробить бронебойно-подкалиберный снаряд калибра 100 мм на дальности 2 км.

Повышение уровня защищенности отечественных танков при появлении эффективных, в том числе кумулятивных средств поражения, обеспечивалось путем дальнейшего дифференцирования толщины листов бронирования (переменная по длине танка толщина и уменьшенная высота борта при соответствующем увеличении высоты редана на днище), уменьшением углов встречи лобовых деталей корпуса и применением комбинированной брони (рис. 1.5,*з*). Последнее резко улучшило защитные характеристики танков.

Броневой корпус и башня танка должны защитить экипаж, приборы и оборудование. Это достигается разными путями, но прежде всего в конструкции танка применяется специальная броневая сталь, которая должна быть твердой и в то же время обладать высокой ударной вязкостью. Такие противоречивые качества достигаются путем подбора определенного химического состава и последующей термической обработки.

Данные о влиянии химического состава приведены в табл. 6 [4].

Таблица 6

Химический состав броневой стали

Страна	Танк	Толщина брони, мм	Химический состав, % (кроме Fe)								
			C	Mn	Si	Cr	Ni	S	P	W	Mo
Германия	Pz.Kpfw I T- I	10-15	0,42	0,55	1,75	1,04	3,48	0,007	0,02	0,8	0,25
	Pz.Kpfw IV T- IV	50	0,36	0,39	0,21	1,32	3,06	0,006	0,031	*	*
		20	0,36	0,36	0,29	2,55	0,16	0,014	0,028	*	*
Англия	Матильда	60-80	0,37	0,65	0,24	0,9	3	0,017	0,028	-	0,4
	Мк II	25-70	0,24	0,5	0,2	1,7	3	0,02	0,035	-	0,45
СССР	Т-34-76 Т-34-85	45	0,27	1,5	1,6	1	1,5	0,025	0,03	-	0,25
		20	0,29	1,6	1,6	0,3	0,5	0,03	0,35	-	0,25
		75-90	0,27	1,1	1,6	1,5	2,4	0,03	0,35	-	

*Точные цифровые данные получить при анализе не удалось.

Исключительно важную роль в химическом составе броневой стали играет углерод, который после термической обработки значительно повышает твердость, но снижает уровень ударной вязкости и свариваемости. Введение в состав стали легирующих добавок существенно улучшает ее эксплуатационные и технологические свойства. Добавка никеля при сохранении твердости придает стали хорошие литейные свойства и повышает ее свариваемость. Молибден, добавленный в расплав в пределах 0,2-0,4%, резко повышает сопротивление стали к развитию трещин и пластическому разрушению. Как видно из табл. 6, остродефицитные и дорогие никель и хром в советской броневой стали были заменены более дешевыми и распространенными марганцем и кремнием. Связанное с нехваткой сырья ухудшение качества немецкой броневой стали действительно имело место, но не в 1944 г., а гораздо позднее. При изучении немецких танков «Пантера» и «Тигр» в 1944 г. специалисты установили, что в составе их брони увеличено содержание углерода, а легирование осуществлялось никелем, хромом, марганцем и молибденом. Установлено также, что немецкие танки, вышедшие на поле боя летом 1944 г., отличались заметно худшими характеристиками броневой стали, в составе которой полностью исчез молибден, по-видимому, из-за истощения запасов молибденового сырья.

Важным технологическим этапом в изготовлении броневой стали является ее термическая обработка. Применяя различные ее способы, можно получить так называемую гетерогенную (неоднородную) сталь, в которой одна сторона броневого листа имеет высокую твердость и основной слой из более мягкого и вязкого металла. Такая структура получается путем цементации поверхностного слоя либо путем поверхностной закалки токами высокой частоты.

Другой вид броневой стали, называемой гомогенной, имеет одинаковые свойства по всей толщине броневого листа. В годы Второй мировой войны использовалась в основном гомогенная броневая сталь, как более технологичная при дальнейшей обработке.

Как отмечалось выше, применение комбинированных броневых систем в конструкции танков в значительной мере повышает их живучесть.

На рис. 1.6, 1.7 приведены схемы комбинированной брони, используемой в немецкой бронетанковой технике [1]. По данным специалистов ФРГ, эффективность действия кумулятивных боеприпасов по комбинированной броне снижается приблизительно в два раза по сравнению со стальной гомогенной броней. Непрерывно продолжаются работы по подбору новых компонентов, входящих в состав комбинированной брони. Японские специалисты предлагают, например, в качестве наполнителя использовать материал, состоящий из нитевидных кристаллов нитрида кремния.

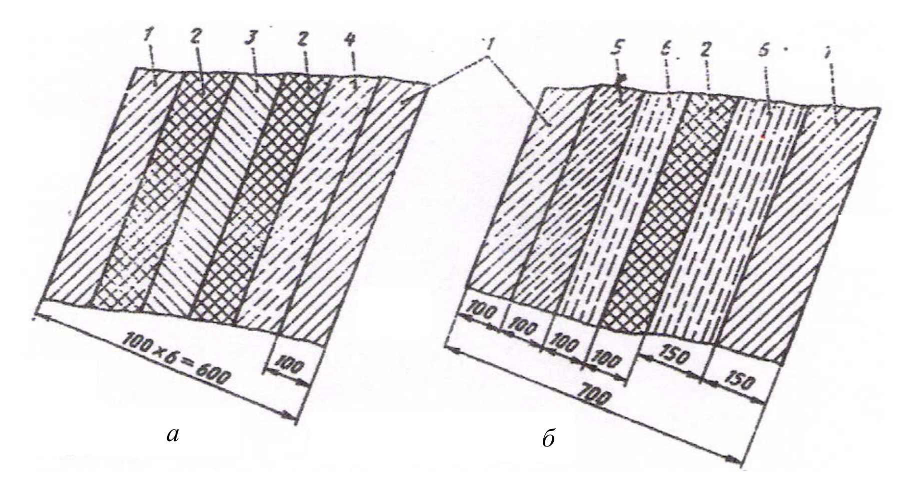


Рис. 1.6. Схема комбинированной брони, разработанной западногерманскими фирмами «Краус Морфей» и BASF (*а*), «Краус Морфей» и «Рейнметалл» (*б*): *1* – броневая сталь; *2* – керамика; *3* – алюминиевый сплав; *4* – углеродное волокно; *5* – тефлон; *6* – тефлон с углеродным волокном

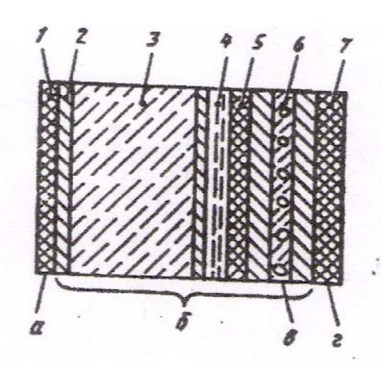


Рис. 1.7. Вариант схемы комбинированной брони (ФРГ): *1* – синтетический материал; *2* – броневая сталь; *3* – многослойная динамическая броня со слоем ВВ; *4* – керамика; *5* – пластмасса; *6* – резиновые элементы; *7* – боросодержащая пластмасса; *а*,*б*,*в*,*г* – слои

В отечественных танках также применяется комбинированная и разнесенная конструкция броневых листов. Например, в танке Т-64А комбинированная броня верхней лобовой детали представляет собой набор, состоящий из 80 мм наружного листа стали, 105 мм стеклопластика и 20 мм стали с внутренней стороны. Лобовая броневая защита башни содержит керамический наполнитель и в горизонтальной плоскости составляет толщину 450 мм. Все эти усовершенствования позволили уменьшить бронепробиваемость танка с 2 до 0,5 км для бронебойных снарядов.

Особенно эффективным оказалось применение навесной динамической защиты. Опыт боевого применения таких танков в 1982 г. (в период израильской агрессии в Ливане) показал, что эффективность действия кумулятивных боеприпасов снизилась более чем вдвое.

Наряду с динамической защитой находят применение решетчатые экраны (танки М1А2, «Меркава» и др.).

Анализируя броневую защиту корпуса и башни танка, следует помнить, что в этих частях конструкции неизбежны ослабленные зоны: командирская башенка, стыки башни с корпусом, зоны цапфенных узлов пушек, стык танковой пушки с башней, места размещения приборов прицеливания и наблюдения в башнях, люков и приборов наблюдения водителя танка.

Большое значение для высокой живучести танка имеет заброневая осколочная защита экипажа и внутреннего, встроенного в боевое отделение танка оборудования от осколков взрыва. Поражающее действие осколочного потока в заброневом пространстве уменьшается применением осколко-улавливающего тыльного слоя в системе броневой защиты и противоосколочных экранов. В первом случае используется многослойная ткань из высокопрочного полиамидного волокна типа СВМ с закрепленными на ней малогабаритными броневыми фрагментами. Противоосколочные экраны выполняются в виде съемных и гибких чехлов для приборов, топливных баков, боеукладки и жилетов для экипажа.

Статистика по итогам прошедших войн свидетельствует о том, что для 70% уничтоженных танков причиной гибели являлись взрывы топлива и боеприпасов, находящихся на борту. Объем и габариты боекомплекта таковы, что его трудно разместить в местах, надежно защищенных от воздействия бронебойных и кумулятивных снарядов. Локальная защита является, как показывает практика, малоэффективной, так как вероятность поражения хотя бы одним осколком очень велика.

В зарубежных танках («Чифтен», «Челленджер», «Леопард-2») вокруг боеприпасов создаются водяные рубашки, но они также не гарантируют защиту от взрыва. Наилучшая защита обеспечивается созданием внутри танка специальных броневых отсеков, изолированных от боевого отделения броневыми перегородками и ослабленными люками сброса давления в случае взрыва боекомплекта. Подобные проблемы возникают при поражении топливных емкостей в заброневом пространстве. В зарубежной бронетехнике топливные емкости размещают в специальных броневых отсеках, отделенных от боевого отделения.

Противопожарные средства в отечественных танках представляют собой автоматические и ручные устройства, содержащие жидкие огнегасители (смесь из 70% бромистого этила и 30% углекислоты) либо жидкий хладон 114В2, газообразный хладон 13В1. Для автоматического тушения пожара в МТО танка «Леопард-1» используются два баллона с жидким огнегасителем, срабатывающие от термозамыкателя, аналогичного отечественному термодатчику ТД-1. Два последующих баллона используются вручную. В американском танке М1 электронные датчики обнаружения пожара активируют баллоны с хладоновыми огнегасителями.

Большое значение для живучести танков имеет противоминная защита. Современные средства поражения в этой области представляют собой обычные фугасные мины, а также противотанковые кумулятивные, устанавливаемые на маршрутах движения танков, и противобортовые стационарные мины. Эффективность действия кумулятивных мин в 5-6 раз превышает возможности защиты этой части танка. Однако проводится постоянная работа по снижению ущерба за счет применения двойного дна, керамических элементов, энергопоглощающих слоев и др. Для снижения безвозвратных потерь при пробитии брони БТТ надежно изолируются боекомплекты и топливо (танки М-1, «Леклерк», «Челленджер-2»). Обитаемые отсеки оснащены противоосколочными экранами и подбоями из высокомодульных тканых материалов типа «Кевлар». Под днищем танков подвешиваются дополнительные броневые плиты.

Выше было описано воздействие поражающих факторов ядерного оружия на бронетанковую технику и ее экипажи. Теперь рассмотрим мероприятия, которые защищают БТТ и экипажи от воздействия ОМП.

Заметим, что одни и те же технические средства используются для защиты экипажа от отравляющих веществ, бактериологических средств, радиоактивной пыли, ударной волны, проникающей радиации, электромагнитного импульса и светового излучения ядерного взрыва. Прежде всего это прочные корпус и башня танка, система герметизации [1]. Локальные средства защиты нацелены на обеспечение живучести отдельных элементов танкового комплекса: приборов, боекомплекта, членов экипажа и др. Групповые средства обеспечивают живучесть, например, моторно-трансмиссионного отсека применением фильтровентиляционной установки и т.п. При комбинированной схеме используются рациональные конструктивные решения и ряд технических компромиссов, стыкуются локальные и групповые схемы.

Следует отметить, что в последние годы значительное внимание уделяется поиску нетрадиционных методов повышения живучести БТТ, не связанных с прямым усовершенствованием бронезащиты. Наиболее перспективными направлениями считаются электронные и активные системы защиты: комплексы оптико-электронного противодействия (КОЭП) системам наведения противника, активной (АЗ) и динамической (ДЗ) защиты [5].

В зарубежной легкоброневой технике (легкий танк Thunderbolt, БМП M2 Bradley, БТР M113 и др.) испытывается система электромагнитной защиты, которая может успешно нейтрализовать многократные попадания боеприпасов, выпущенных из гранатометов [5]. Английская фирма DSTL разработала систему, состоящую из пулестойких бронелистов, изоляции, проводной системы распределения и накопителей электрической энергии. При прохождении кумулятивной боевой части, точнее, ее кумулятивной струи, она подвергается воздействию электрического тока в тысячи ампер и мгновенно рассеивается. Фирма DSTL продолжает работы в этом направлении.

В отечественной бронетехнике также изучаются методы электромагнитной и электрической защиты БТТ, но наиболее существенные результаты достигнуты в области оптико-электронного противодействия. На танках Т-80, Т-90 установлен КОЭП «Штора-1», обеспечивающий постановку помех самым распространенным в то время ПТРК с полуавтоматическим командным наведением типа TOW, HOT, MILAN и противотанковым средствам с лазерным подсветом цели типа Copperhead, Hellfire, Maverik. Противодействие ПТРК противника осуществляется путем введения модулированного шумового ИК-сигнала в оптико-электронный канал управления ракетой, что изменяет траекторию ее полета и снижает вероятность поражения танка.

Защита с лазерным подсветом цели осуществлялась методом экранирования подсвета аэрозольной завесой. В систему входят аппаратура регистрации лазерного подсвета танка, блок управления и система запуска аэрозолеобразующих гранат. Подобная система рассчитана на поражение ПТРК DRAGON, KOBRA, AT-3, HN-5 и др. В настоящее время фирмы западных стран также создали бортовые КОЭП с использованием аэрозольных завес (Израиль, США, ЮАР, Франция, Великобритания, Германия). Новым шагом в развитии этой системы является применение датчиков ультрафиолетового диапазона для регистрации запуска и полета противотанковых ракет.

Другая эффективная система – отечественный комплекс активной защиты «Арена-Э» (рис. 1.8). Он предназначен для защиты танков и БМП от противотанковых гранат, выстреливаемых из любых типов гранатометов, а также от ПТРК, запускаемых с земли и с вертолетов. В состав комплекса входят радиолокационная станция, вычислительная машина, пульт управления, блоки преобразования команд, высокоскоростные средства поражения, аппаратура технического обслуживания.



Рис. 1.8. Схема действия комплекса активной защиты «Арена-Э»

Тактико-технические характеристики комплекса «Арена-Э»

Режим работы	Автоматический, всепогодный, всесуточный
Обнаружение и сопровождение цели	Радиолокационное
Диапазон скоростей поражения целей	70-700 м/с
Сектор защиты по азимуту	До 270°
Дальность обнаружения целей	Около 50 м
Время реакции комплекса	0,07 с
Потребляемая мощность	Не более 1 кВт
Напряжение питания	22…29 В
Масса комплекса	1000…1300 кг
Объем аппаратуры внутри объекта	Не более 30 дм^3
Размер опасной зоны для пехоты сопровождения	20…30 м

Особенности системы «Арена-Э»:

– обнаружение и сопровождение целей многофункциональной РЛС с «мгновенным» обзором пространства во всем защищаемом секторе;

– прицельное поражение целей за счет защитных боеприпасов остронаправленного действия с очень высоким быстродействием;

– полностью автоматическая работа без участия экипажа;

– всепогодный и всесуточный режим работы, возможность обнаружения и поражения цели в любых условиях применения объекта БТТ, в том числе в движении и при разворотах башни;

– большой сектор защиты по азимуту составляет 220º – 270º, подвижен вместе с башней;

– малые размеры опасной зоны для пехоты сопровождения;

– большой боезапас и возможность многократного перехвата целей;

– высокий уровень безопасности.

Оснащение танка или БМП комплексом «Арена-Э» позволяет поднять их живучесть на поле боя в наступательных операциях приблизительно в 2 раза и в 3-5 раз при применении танков в локальных конфликтах и миротворческих операциях.

Завершая анализ конструкции танка как объекта поражения, следует отметить, что борьба между «защитой и нападением» не закончена и со стороны «защиты», как и со стороны «нападения» будет приложено немало усилий для достижения своих целей.

Контрольные вопросы

1. *Сравнительная характеристика танка Т-34 с данными по танкам Англии, США, Германии.*
2. *Общая характеристика основного танка Т-9ОС.*
3. *Меры радиационной защиты современных танков.*
4. *Понятие живучести для бронетанковой техники.*
5. *Конструктивные способы обеспечения живучести танков.*
6. *Технология производства броневой стали. Влияние легирующих добавок на свойства броневой стали.*
7. *Схемы комбинированных броневых сталей.*
8. *Способы противоосколочной защиты экипажа, боекомплекта и топлива.*
9. *Комплексы оптико-электронной защиты БТТ.*
10. *Отечественный комплекс защиты БТТ «Арена-Э».*

2. НЕУПРАВЛЯЕМЫЕ СРЕДСТВА ПОРАЖЕНИЯ БТТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ

2.1. Общая характеристика неуправляемых средств поражения БТТ

Одновременно с развитием и совершенствованием БТТ по принципу «от простого к сложному» развивались средства поражения легкобронированной техники, средних и, наконец, тяжелых танков. Как известно, первые легкие танки имели противопульную и противоосколочную защиту, но в последующем, по мере увеличения могущества средств поражения возникли сильно бронированные и тяжелые танки.

Представляется рациональным рассматривать средства поражения БТТ в связи с дальностью их действия. Нулевую дальность действия в борьбе с бронированной техникой имеют всевозможные армейские противотанковые ручные гранаты и мины различных конструкций нажимного действия и других видов, устанавливаемых на возможных маршрутах движения танков.

На рис. 2.1 показана современная американская противотанковая кумулятивная мина M21 [6]. Особенностью этого боеприпаса является большой угол при вершине кумулятивного заряда, что позволяет при его взрыве сформировать кумулятивное ядро – компактный поражающий элемент. Подобные мины отличаются повышенным заброневым действием. К их числу относятся французская мина NPD и шведская FFV-028. Обе снабжены кумулятивными зарядами с массой ВВ 1,85 и 3,5 кг соответственно, обеспечивающими при пробитии днища занесение в заброневое пространство танка нескольких сотен осколков с большой кинетической энергией.

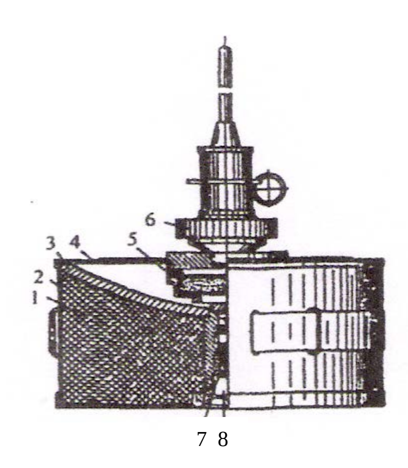


Рис. 2.1. Противотанковая кумулятивная конструкция мины М21: *1* – заряд ВВ; *2* – корпус; *3* – кумулятивная облицовка; *4* – крышка; *5* – пороховой вскрышной заряд; *6* – штыревой взрыватель; *7* – пиротехнический замедлитель; *8* – детонатор мины

На рис. 2.2 показана кумулятивная противобортовая стационарная мина, а на рис. 2.3 – схема ее действия. Конструктивная простота, небольшая стоимость и высокая скорость ударного ядра (до 2000 м/с) при дальности прямого выстрела до 50 м позволяют успешно поражать боковые поверхности бронированной техники с образованием при пробитии борта массивных тыльных осколков.

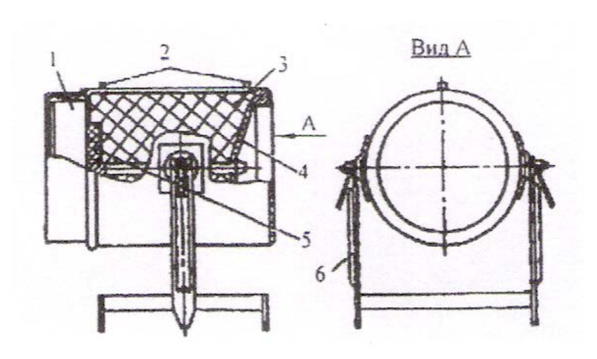


Рис. 2.2. Конструктивная схема противотанковой стационарной мины: *1* – взрывательное устройство; *2* – прицел; *3* – заряд ВВ; *4* – металлическая облицовка; *5* – детонатор; *6* – опоры

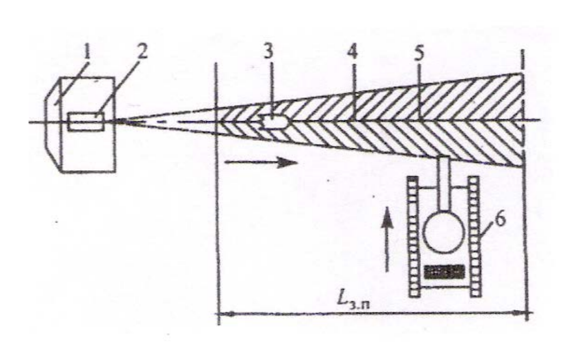


Рис. 2.3. Схема установки и действия противобортовой стационарной мины: *1* – мина; *2* – прицел; *3* – поражающий элемент; *4* – зона срабатывания взрывательного устройства; *5* – направление полета поражающего элемента; *6* – объект поражения; $L_{зп}$ – длина зоны поражения

В начальный период Великой Отечественной войны немецко-фашистские войска имели количественное преимущество по легким и средним танкам с толщиной брони до 45 мм. В то же время Красная Армия не была оснащена в достаточном количестве портативными и эффективными средствами поражения бронетехники противника. В июле 1942 г. было принято постановление Правительства, направленное на ускоренное создание легкого противотанкового оружия. К разработке такого оружия привлекли известных конструкторов-оружейников В.А. Дегтярева и С.Г. Симонова. В сжатые сроки были спроектированы два противотанковых ружья: ПТРД (главный конструктор В.А. Дегтярев) и ПТРС (главный конструктор С.Г. Симонов) и организовано их массовое производство. Внешний вид этих ружей показан на рис. 2.4, а тактико-технические характеристики приведены в табл. 7.

Таблица 7

Тактико-технические характеристики пехотного противотанкового оружия

Образец	Калибр, мм	Масса, кг	Длина, мм	Начальная скорость, м/с	Практическая скорострельность, выстрел/мин	Бронепробиваемость на дальности 300 м, мм
СССР						
Однозарядное ружье ПТРД обр. 1941 г.	14,5	17,3	2000	1012	8-10	35
Пятизарядное ружье ПТРС обр. 1941 г.	14,5	20,9	2108	1012	15	35
Германия (1939-1945 гг.)						
Однозарядное ружье	7,92	12,1	1600	1175	8-10	20

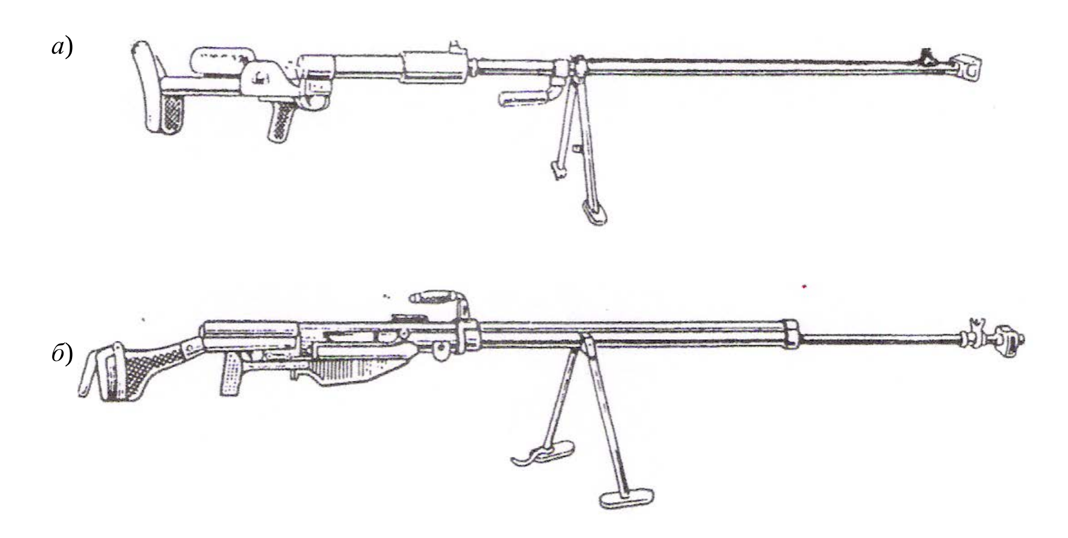


Рис. 2.4. Противотанковые 14,5-мм ружья ПТРД (*а*) и ПТРС (*б*) образца 1941 г.

В качестве боеприпасов ПТР применялись патроны с бронебойно-зажигательной пулей со стальным (Б-32) или металлокерамическим (БС-41) сердечником. Патрон БС-41 обладал большей убойной силой (масса 63 г). Наибольшая прицельная дальность составляла 500 м. Только в 1942 г. в СССР этих ружей было изготовлено 248,1 тыс. ед. Немецкое противотанковое ружье имело меньший калибр (7,92 мм), что значительно снижало его боевую эффективность.

Конструкторы противотанковых средств поражения постоянно стремились не только повысить бронепробиваемость, но и существенно увеличить дистанцию поражения БТТ на дальних подступах. В этом плане весьма перспективными считались полевые и танковые артиллерийские системы.

За годы предвоенных пятилеток в СССР была создана мощная материально-техническая база оборонной промышленности. Построены новые и реконструированы имеющиеся артиллерийские заводы по производству, боеприпасов, взрывателей и т.п. За короткое время успешно разработаны, модернизированы, испытаны и приняты на вооружение целый ряд артиллерийских пушек, в том числе 45-мм противотанковая пушка образца 1937 г. (рис. 2.5,*а*). Увлечение орудиями крупного калибра сменилось разработкой и производством противотанковых артиллерийских систем. Около 40% артиллерийских систем, находившихся на вооружении Красной Армии и применявшихся в боевых операциях, были сконструированы и освоены промышленностью в ходе войны. Сравнение ТТХ советских артиллерийских пушек с немецкими приведено в табл. 8.

Т а б л и ц а 8

ТТХ отечественных и немецких противотанковых орудий

Образец	Масса снаряда, кг	Начальная скорость снаряда, м/с	Максимальная* бронепробиваемость, мм	Скорострельность, выстрел/мин	Масса орудия, кг
СССР					
45-мм ПТ пушка 1937 г.	1,4	760	43/32	20	560
45-мм ПТ пушка 1942 г. (М-42)	1,4	870	61/51	20	625
57-мм ПТ пушка 1943 г. (ЗИС-2)	3,14	990	106/96	15	1150
76-мм пушка 1942 г. (ЗИС-3)	6,2	680	70/61	15	1180
100-мм пушка 1944 г. (БС-3)	15,6	900	160/150	7	3650
Германия					
50-мм ПТ пушка 1938 г.	2,1	835	68/52	12-14	930
75-мм ПТ пушка 1940 г.	6,8	770	95/84		
88-мм ПТ пушка 1943 г.	10,2	1000	180/165	12-14	3700

*Указана бронепробиваемость в мм на дальностях 500 (числитель) и 1000 м (знаменатель) при угле встречи 90°.

Значительный вклад в создание полевой противотанковой артиллерии внесло КБ под руководством известного конструктора В.Г. Грабина. Его противотанковые системы ЗИС-3 и ЗИС-2 (рис. 2.5,*б*,*в*) с начальной скоростью снаряда около 1000 м/с, унифицированными полуавтоматическим затвором и узлами лафета сыграли решающую роль в борьбе с немецкой бронетанковой техникой. В 1943 г. это КБ создало 100-мм мощную полевую противотанковую пушку БС-3 (рис. 2.5,*г*), которую артиллеристы называли «зверобоем» за высокие боевые качества, проявленные в борьбе с немецкими «тиграми», «пантерами» и «фердинандами».

Боевые качества современной бронетанковой техники в значительной мере зависят от комплекса вооружения, установленного на танке, его тактико-технических данных, таких как калибр, скорострельность, дальность действия, бронепробиваемость и др.

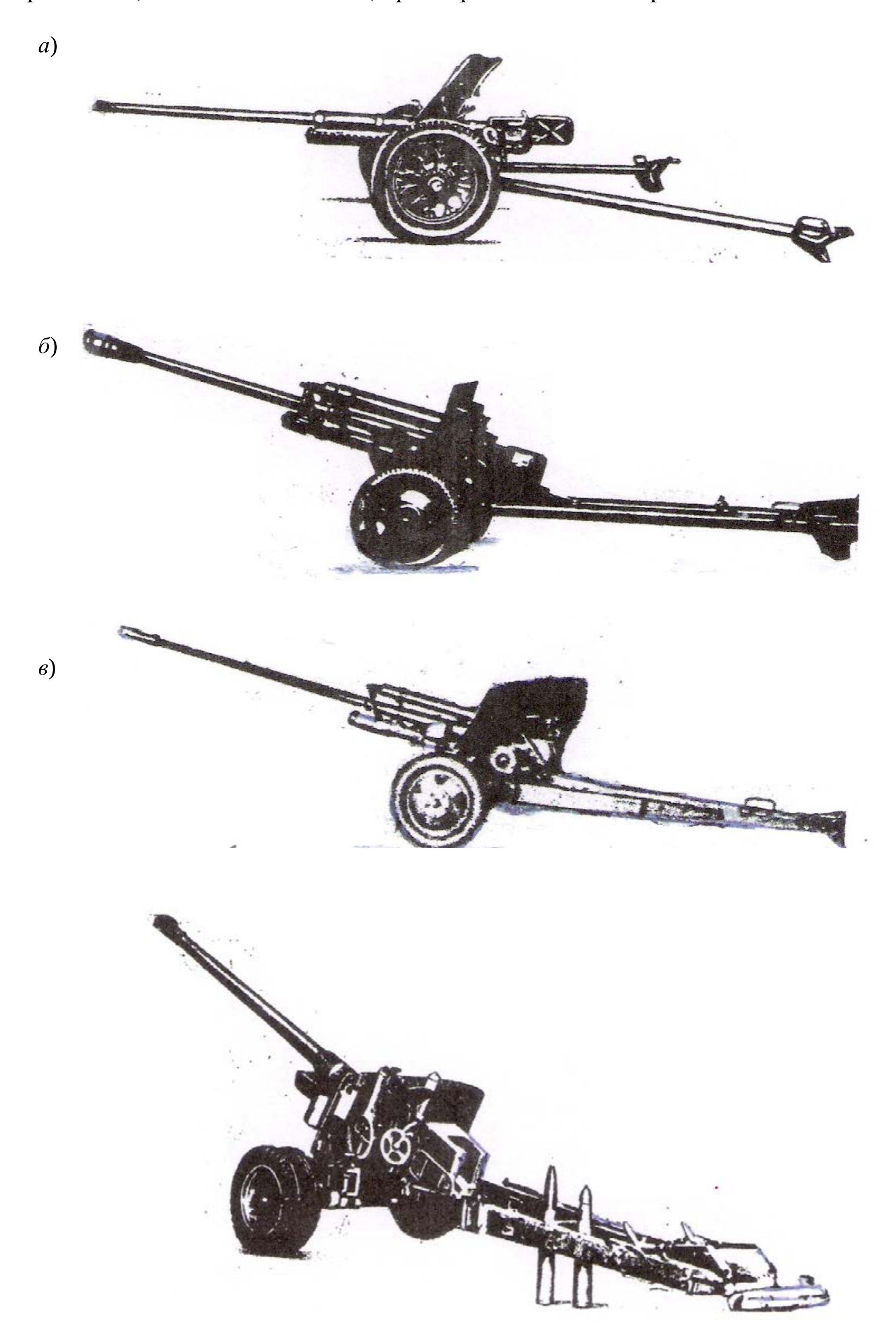


Рис. 2.5. Противотанковые пушки: 45-мм образца 1937 г. (*а*); 76-мм образца 1942 г., ЗИС-3 (*б*); 57-мм образца 1943 г., ЗИС-2 (*в*); 100-мм образца 1944 г., БС-3 (*г*)

Как правило, в комплекс танкового оружия входят артиллерийская пушка, пулеметы, артиллерийские и ракетные боеприпасы, прицельные приспособления и приборы наблюдения, другие системы, обеспечивающие успешное решение боевых задач. Артиллерийское орудие, установленное на танке, часто называемое танковой пушкой, предназначается для уничтожения бронированной техники противника и его противотанковых средств, подавления живой силы, ДОТов, ДЗОТов, командных пунктов, складов боеприпасов и ГСМ, авиационной техники на аэродромах и др. (рис. 2.6). Особенностью современных танковых пушек является наличие в средней части ствола устройства для продувки канала ствола, а также дульных тормозов для уменьшения силы отдачи при выстреле. На внутренней поверхности канала ствола сделаны винтовые нарезы для обеспечения вращательного движения артиллерийского снаряда. Вместе с тем следует подчеркнуть, что во многих современных танках используются гладкостенные (без нарезов) стволы, предназначенные для стрельбы реактивными и подкалиберными оперенными снарядами.

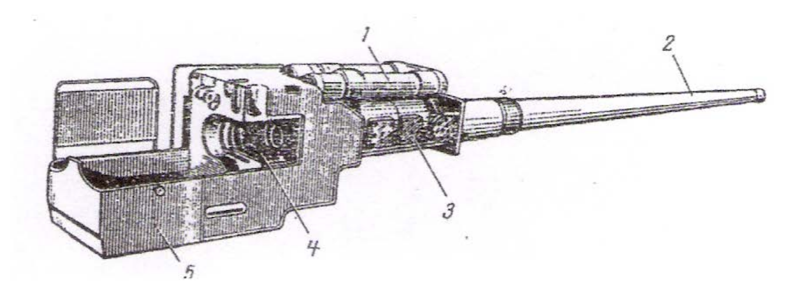


Рис. 2.6. Танковая пушка: *1* – противооткатные устройства; *2* – ствол; *3* – люлька; *4* – затвор; *5* – ограждение

Значительную часть боекомплекта (кроме осколочно-фугасных) составляют бронебойные артиллерийские снаряды, предназначенные для поражения танков, САУ, бронемашин, самолетов, кораблей. Эти снаряды делятся на две самостоятельные группы: калиберные и подкалиберные бронебойные [6]. У бронебойных снарядов первой группы диаметр корпуса совпадает с внутренним диаметром канала (калибром) ствола (рис. 2.7). Они могут быть цельнометаллическими или иметь внутреннюю камору, наполненную ВВ. Масса ВВ незначительна, колеблется от 0,4…1,4% массы всего снаряда. Бронебойные калиберные снаряды могут быть остроголовыми (рис. 2.7,*а*), предназначенными для стрельбы по гомогенной броне небольшой толщины, и с притупленной головной частью и баллистическим наконечником (рис. 2.7,*б – г*). Эти снаряды удовлетворительно поражают цементированную и гомогенную броню по нормали и при встрече под большими углами от нормали к ее поверхности.

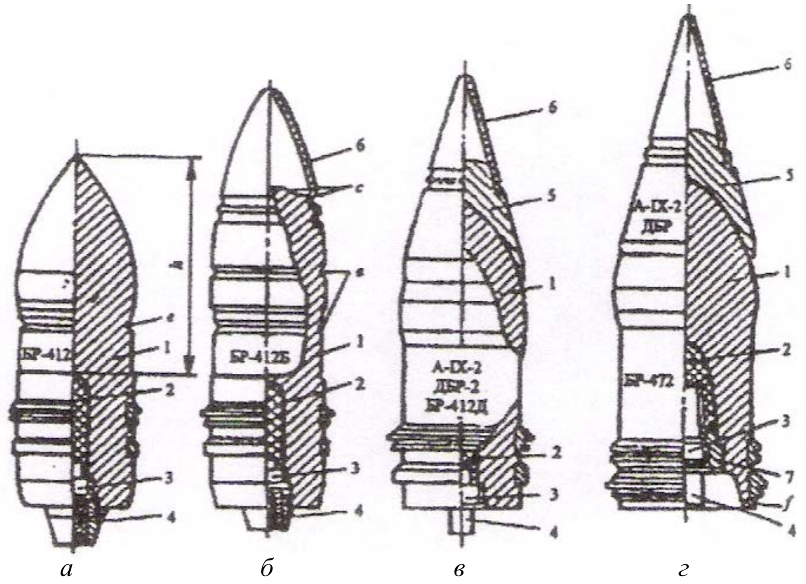


Рис. 2.7. Бронебойные калиберные снаряды: *а* – остроголовый снаряд; *б* – снаряд с притупленной частью и баллистическим наконечником; *в* – снаряд с бронебойным и баллистическим наконечником; *г* – снаряд с бронебойным и баллистическим наконечником и углубленным дном; *1* – корпус; *2* – разрывной заряд; *3* – взрыватель; *4* – трассер; *5* – бронебойный наконечник; *6* – баллистический наконечник; *7*– ввинтное дно; *е* – локализаторы; *f* – юбка; *с* – режущие грани; *h* – высота головного свода

Подкалиберные бронебойные снаряды для наземной артиллерии, разработанные в 1942 г., имели катушечную (рис. 2.8,*а*), а также обтекаемую форму (рис. 2.8,*б*, *в*) и с отделяющимся поддоном (рис. 2.8,*г*). Основной поражающей частью является бронебойный сердечник, изготовляемый из карбида вольфрама с добавкой никеля или кобальта методами порошковой металлургии, что обеспечивает после спекания плотность около 14 г/см^3 , высокие твердость и прочность.

Устройство и действие калиберных и подкалиберных бронебойных снарядов очевидны из подрисуночного текста и не требуют дополнительных описаний. Более подробные сведения об их устройстве и действии приведены в [6].

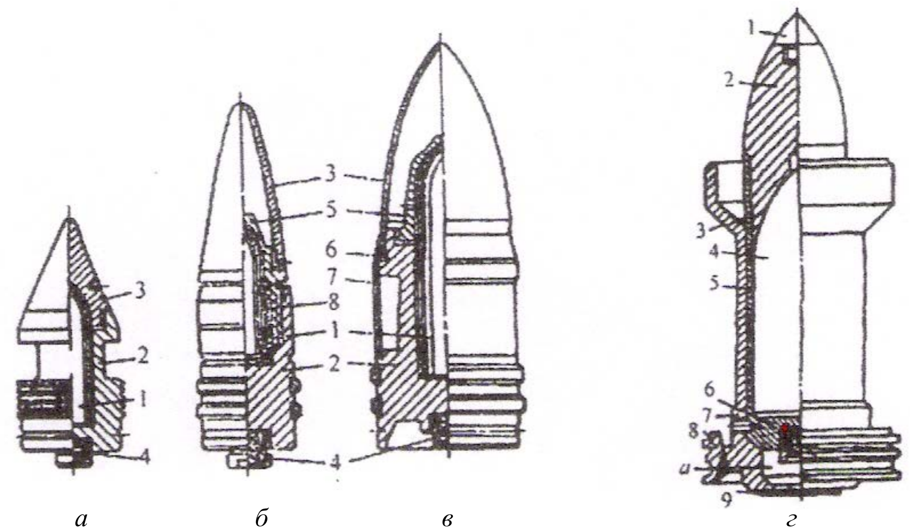


Рис. 2.8. Бронебойные подкалиберные снаряды: *а* – 57-мм катушечной формы; *б* – 57-мм обтекаемой формы; *в* – 85-мм обтекаемой формы; *1* – бронебойный сердечник; *2* – корпус с ведущим пояском; *3* – баллистический наконечник; *4* – трассерное устройство; *5* – головка; *6* – обжимное кольцо; *7* – обтекатель; *8* – стаканчик; *г* – подкалиберный снаряд с отделяющимся поддоном: *1* – баллистический наконечник; *2* – головка; *3* – пушечная смазка; *4* – бронебойный сердечник; *5* – корпус; *6* – трассер; *7* – поддон; *8* – ведущий поясок; *9* –целлулоидный кружок; *а* – камора

В 1960 г. на вооружение Советской Армии поступили подкалиберные оперенные снаряды (рис. 2.9). Особенностью этих боеприпасов является то, что они выстреливаются из гладкоствольных пушек и предназначены для поражения сильно бронированных целей. Различают два типа этих образцов: без сердечников (рис. 2.9,*а*) и с сердечниками (рис. 2.9,*б*, *в*). При вылете снаряда из канала ствола под действием центробежной силы и набегающего потока воздуха происходит разрушение обтюрирующего пояска и разлет секторов. Скорость полета снаряда в этом случае достигает 1500 м/с, увеличивая дальность прямого выстрела и глубину бронепробивания. В последние годы в некоторых западных странах были созданы бронебойные снаряды с сердечниками из обедненного урана U^{238}, имеющего плотность 18…20 г/см^3, который хорошо горит в заброневом пространстве.

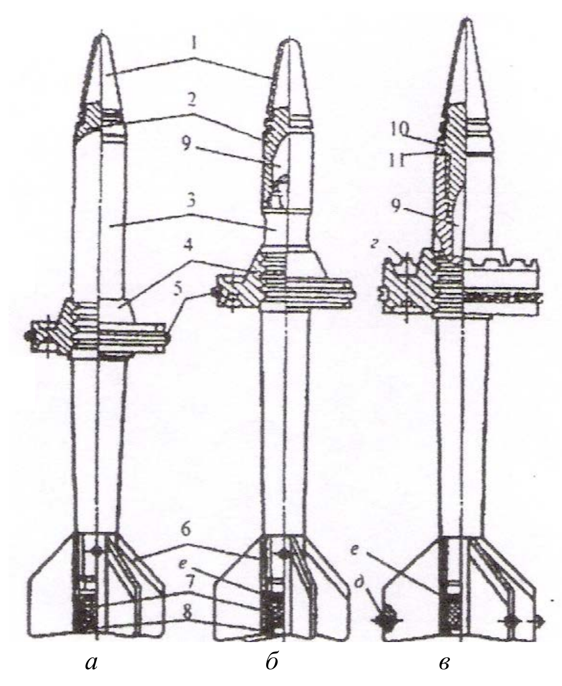


Рис. 2.9. Подкалиберные оперенные снаряды к гладкоствольным пушкам: *а* – снаряд БМ2 без бронебойного сердечника; *б*,*в* – снаряд БМ1 с бронебойным сердечником; *1* – баллистический наконечник; *2* – бронебойный наконечник; *3* – корпус; *4* – ведущее кольцо; *5* – обтюрирующий поясок; *6* – стабилизатор; *7* – трассер; *8* – гайка трассерного устройства; *9* – бронебойный сердечник; *10* – демпфер-локализатор; *11* – кольцо; *г* – выступы на секторах ведущего кольца; *д* – центрирующий штифт на хорде лопасти; *е* – отверстие для прохода газов в зону трассера и обратно

В завершение обзора неуправляемых (артиллерийских) средств поражения БТТ следует отметить самые последние тенденции в совершенствовании артиллерийского танкового оружия. В настоящее время в странах НАТО применяются танковые гладкоствольные пушки калибра 120 мм фирмы Rheinmetall с удлиненным стволом до 6,6 м (рис. 2.10) и облегченная пушка такого же калибра массой 2150 кг и эффективным дульным тормозом (уменьшает силу сопротивления откату на 44%) [5]. В связи с увеличением могущества боеприпасов начаты работы по созданию противотанковой пушки калибром 105 мм и к ней 105-мм оперенного подкалиберного снаряда, бронебойный сердечник которого обеспечивает пробитие 560-мм катаной гомогенной брони под углом 0°. Специалисты фирмы Rheinmetall W&M заявляют, что таких показателей достаточно для того, чтобы обеспечить поражение всех моделей широко распространенного танка Т-72 российского производства.

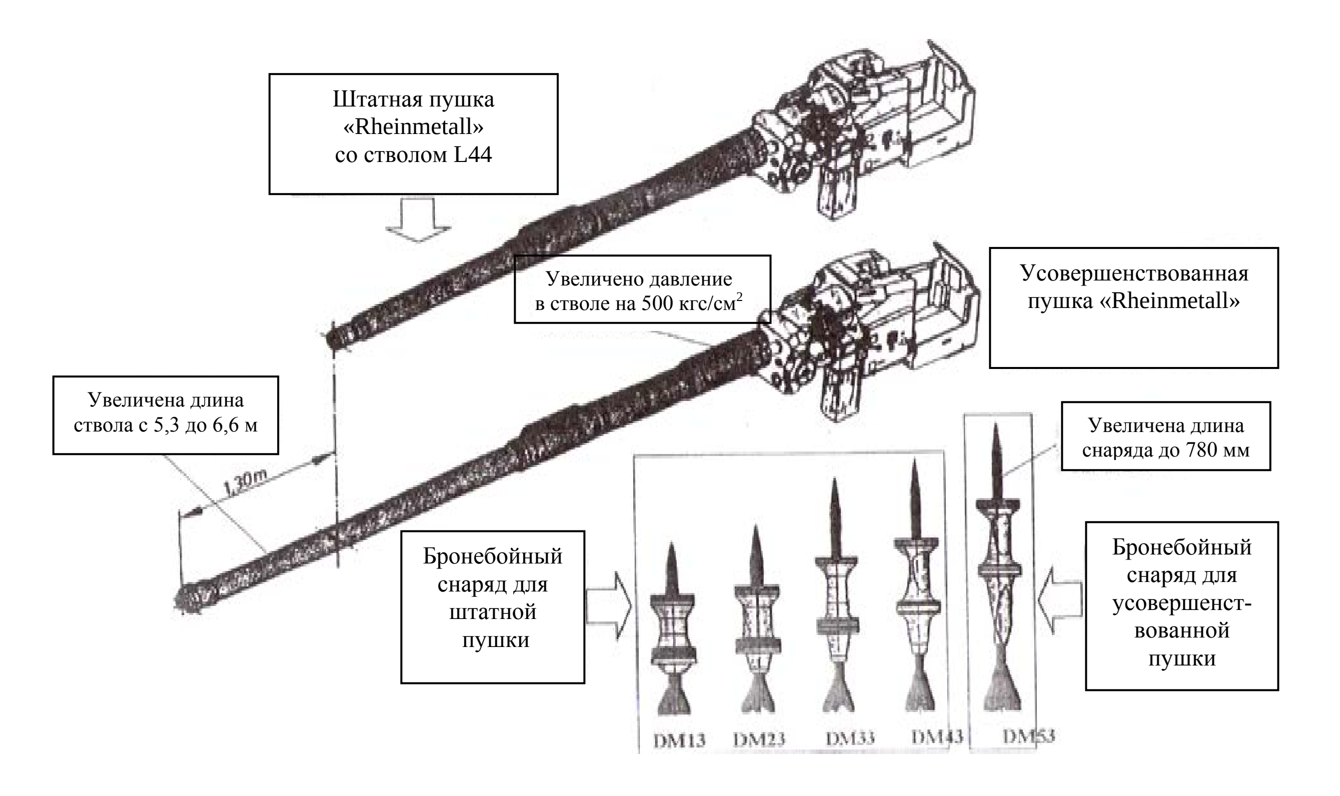


Рис. 2.10. Усовершенствованная танковая 120-мм пушка Rheinmetall и БПС повышенного могущества

В последние годы возникла тенденция к использованию гладкостенных танковых пушек для стрельбы управляемыми снарядами. Так, израильский концерн IAI разработал противотанковый управляемый снаряд LAHAT с лазерным наведением для стрельбы из гладкоствольных пушек танков «Меркава Мк3», «Меркава Мк4», «Леопард-2» и М-1А1/А2, что увеличивает дальность поражения танков до 6 км. Применение гладкоствольных противотанковых орудий для пуска управляемых противотанковых реактивных снарядов будет рассмотрено в разд. 3 настоящего пособия.

В системе вооружения российской армии значительное место занимают противотанковые гранатометные комплексы (ПГК), которые в ходе Великой Отечественной войны и вооруженных конфликтов 80 – 90-х годов подтвердили свою высокую боевую эффективность в борьбе как с бронетанковой техникой, так и с другими военными объектами. Достоинствами этого вида оружия являются легкость, маневренность, относительно низкая стоимость и мощное боевое действие кумулятивных боевых частей, что способствовало широкому и быстрому распространению этого вооружения практически во всех армиях мира. Специалисты считают, что в ближайшие 20 лет суммарная мировая потребность в ПГК ближнего боя превысит 1 млн ед. Из них около 20% будут способны поражать современные танки, другие легкобронированные боевые машины и фортификационные сооружения [7].

Условно этапы развития отечественных ПГК делят на три поколения, к первому поколению отнесены разработки, начатые еще во время Великой Отечественной войны.

2.2. Противотанковые гранатометные комплексы первого поколения (РПГ-1, РПГ-2, СПГ-82)

Первые упоминания в России о разработках безоткатного оружия относятся к 1916 г., когда доктор физико-математических наук Д.П. Рябушинский предложил легкий ствол калибром 70 мм и толщиной стенки 2,5 мм, установленный на треногу. Заряд дымного ружейного пороха (ДРП) сообщал снаряду начальную скорость 60 м/с. Работы по развитию подобного оружия продолжали Л.В. Курчевский и Б.С. Петропавловский, бывший в то время начальником Газодинамической лаборатории в Ленинграде. Для пуска реактивного снаряда калибром 65 мм он в 1930 г. предложил гладкостенную трубу, установленную на легком станке. Последующее развитие это оружие получило в 1940-х годах, когда в конструкции противотанковых снарядов были применены реактивные двигатели и кумулятивные боевые части.

В 1942 г. на вооружение американской армии поступила 58-мм противотанковая система №1 «Базука» (рис. 2.11). Усовершенствованная «Базука» М18 имела калибр 60 мм, обеспечивала бронепробиваемость 150 мм. В Германии в 1943 г. поступили на вооружение противотанковые гранатометы «Панцерфауст-I», «Панцерфауст-II» (рис. 2.12), а также «Панцершрек». В первых двух системах движение снарядов обеспечивалось вышибным зарядом, дальность действия не превышала 30 м, в «Панцершрек» снаряд имел реактивный двигатель.

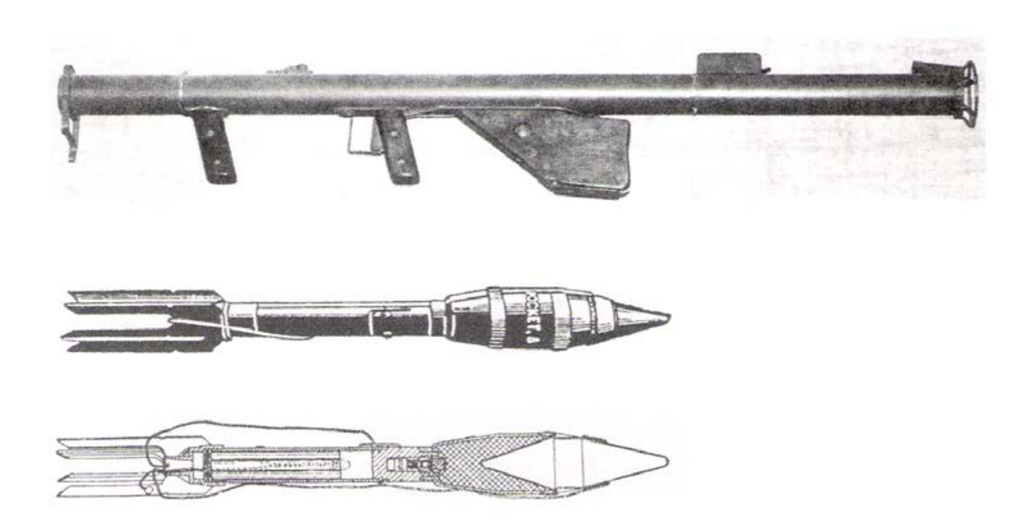


Рис. 2.11. Реактивная граната к ружью «Базука» М1

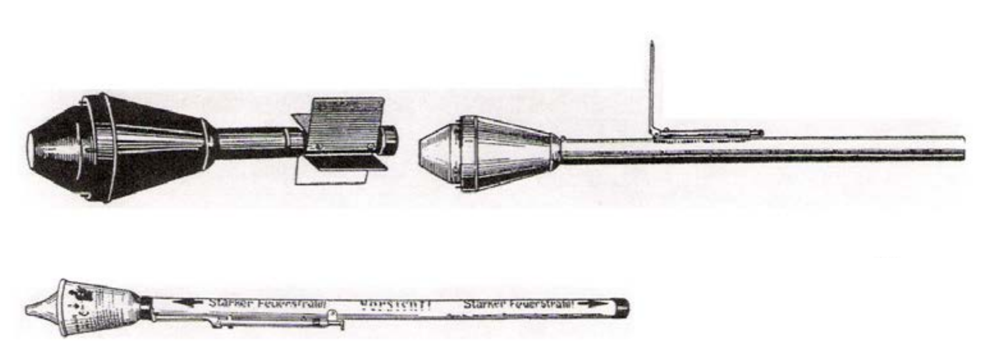


Рис. 2.12. Немецкие противотанковые гранатометы «Панцерфауст-I» и «Панцерфауст -II»

Успешное применение противотанковых гранатометов на завершающем этапе Второй мировой войны способствовало активному развитию этого вида оружия в послевоенные годы. Особенностью образцов ПГК этого времени явилось применение реактивных снарядов, в основном с надкалиберной боевой частью, дальность действия которых составляла 200-500 м.

В 1944 г. на научно-исследовательском полигоне стрелково-минометного вооружения ГАУ началась разработка ручного ПГК в составе гранатомета ЛПГ-44 и кумулятивной гранаты ПГ-70 (рис. 2.13) под общим наименованием РПГ-1. Надкалиберная кумулятивная граната имела куму-

лятивную БЧ и метательный заряд из дымного ружейного пороха, помещенного в трубке гранаты. Собственно гранатомет имел гладкий ствол длиной 1000 мм калибра 30 мм, на внешней поверхности которого размещались ударно-спусковой механизм, прицельная планка и деревянные термозащитные накладки.

В 1947 г. в конструкторском бюро ГСКБ-30 Наркомата промышленности боеприпасов начались работы по созданию ручного противотанкового гранатомета РПГ-2 (рис. 2.14). В результате были получены 40-мм гранатомет и 80-мм кумулятивная надкалиберная граната со стартовым пороховым зарядом. Граната ПГ-2 состояла из кумулятивной БЧ, донного взрывателя, стабилизатора из шести гибких перьев, свернутых вокруг трубки, и порохового заряда. Гранатомет представлял собой гладкоствольную трубу многоразового использования, к которой были приварены основания мушки и прицельной планки, а внизу – детали крепления ударно-спускового механизма. Казенная часть трубы защищалась от засорения землей навинчивающимся предохранителем. Во избежание ожогов центральная часть трубы закрывалась деревянными накладками. В 1949 г. РПГ-2 был принят на вооружение Советской Армии. В 1957 г. на него был установлен инфракрасный прицел НСП-2.

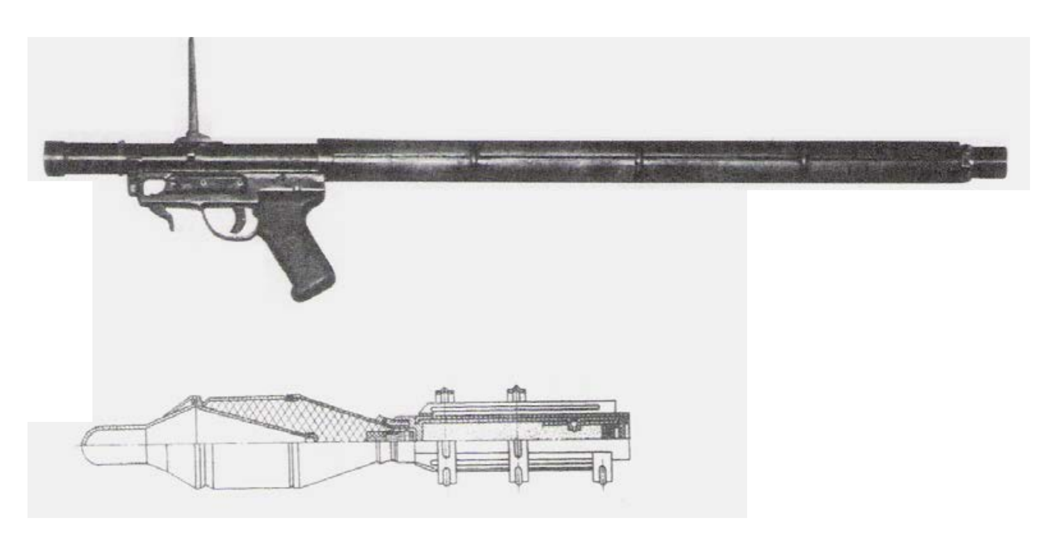


Рис. 2.13. Ручной противотанковый гранатомет РПГ-1 и его боеприпасы

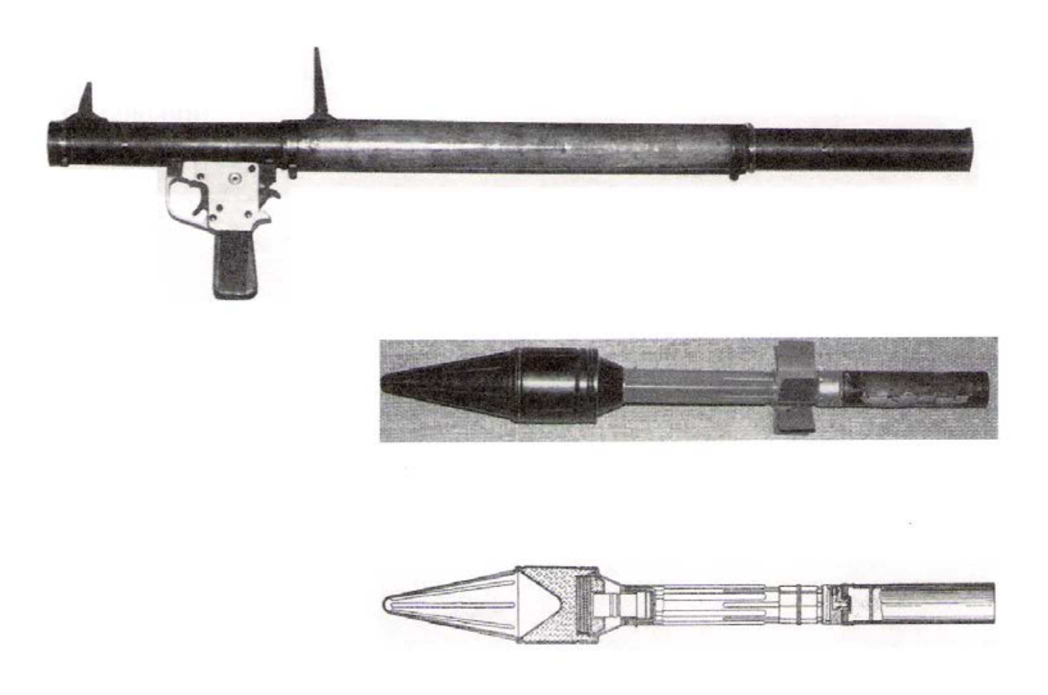


Рис. 2.14. Ручной противотанковый гранатомет РПГ-2 и его боеприпасы

В 1942 г. в СКБ №36 под руководством А.П. Островского и главного конструктора Н.Г. Григоряна начались работы по созданию 82-мм станкового гранатомета с использованием реактивной противотанковой гранаты (рис. 2.15). Повышенная дальность действия этого комплекса и увеличенный вес боеприпаса потребовали установки колесного станка и введения расчета из трех военнослужащих для перемещения и боевого применения гранатомета. В 1950 г. комплекс СПГ-82 был принят на вооружение. Противотанковая граната ПГ-82 имела кумулятивную БЧ рупорообразной формы, реактивный двигатель, запал, взрыватель и стабилизатор из шести лопастей. В реактивном двигателе применялся нитроглицериновый порох трубчатой формы. Тонкостенный ствол устанавливался на станок с колесным ходом, который облегчал перемещение гранатомета. Под действием тяги ракетного двигателя граната перемещалась по траектории полета. Для защиты расчета, обслуживающего гранатомет, в средней части ствола размещался легкий складной щит. С этого же станка производилась стрельба осколочной гранатой ОГ-82.

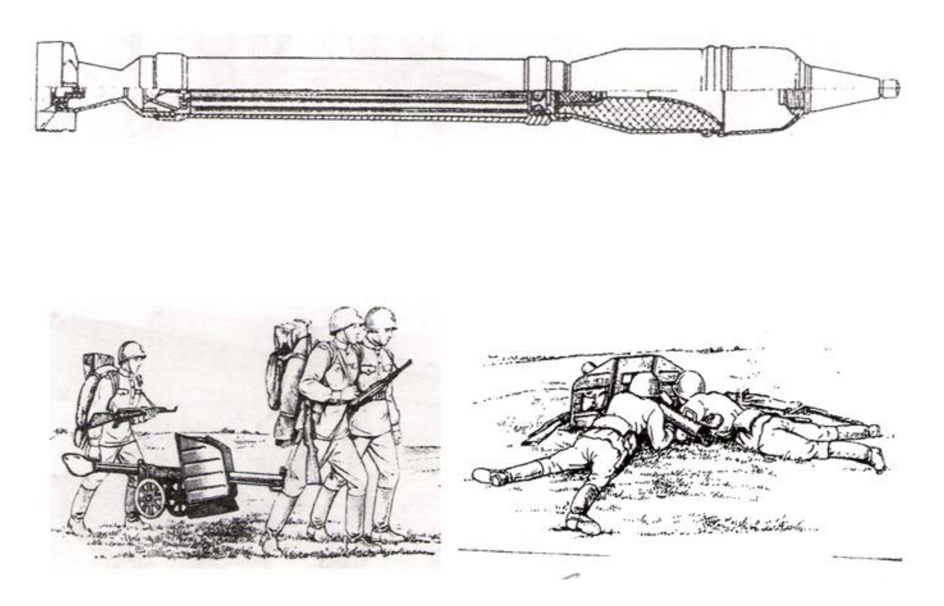


Рис. 2.15. Станковый противотанковый гранатомет СПГ-82 в движении и при стрельбе в положении лежа

Основные тактико-технические характеристики американских, немецких, отечественных противотанковых гранатометных комплексов первого поколения приведены в табл. 9.

Т а б л и ц а 9

Основные ТТХ американских, немецких и отечественных ПГК первого поколения

ТТХ	Базука М.1	Базука М.18	Панцер-фауст-I	Панцер-фауст-II	РПГ-1	РПГ-2	СПГ-82/ ОГ-82
Применяемый боеприпас	Калиберная кумулятивная БЧ		Надкалиберная кумулятивная БЧ		Надкалиберная кумулятивная БЧ		Кумулятивная БЧ/ осколочная БЧ
Пусковое устройство безоткатное	многоразового применения		одноразового применения		многоразового применения		
Калибр, мм:							
гранатомета	58	60	44	44	30	40	82/82
гранаты	58	60	150	100	70	80	82/82
Длина, мм:							
гранатомета	1380	1550	1048	1010	1000	950	-
гранаты с зарядом	-	-	-	-	425	674	-
Масса, кг:							
гранатомета	-	-	5,35	3,25	2,0	2,86	38/38
гранаты с зарядом	-	1,58	2,8	1,65	1,6	1,84	4,54/4,95
Начальная скорость, м/с	90	81	-	-	40	84	-
Прицельная дальность стрельбы, м	200	270	-	-	75	150	300/700
Дальность прямого выстрела, м	-	-	30	30	50	100	200
Бронепробиваемость, мм	90	150	200	200	150	200	175/175
Скорострельность, выстрел/мин	4	4	-	-	4-6	4-6	6

2.3. Противотанковые гранатометные комплексы второго поколения (РПГ-4, РПГ-7В, РПГ-16, СПГ-9)

Второе поколение противотанковых гранатометных комплексов начало формироваться в середине 1950-х годов. Этому предшествовали важные организационные мероприятия. Из большого числа исследовательских и конструкторских организаций, принадлежащих разным министерствам и ведомствам, в 1958 г. было выделено головное предприятие по разработке противотанковых гранатометных комплексов – ГСКБ-47 (Москва) (ныне ФГУП ГНПП «Базальт») с филиалом в г. Красноармейске Московской области – Красноармейским научно-производственным подразделением (КНПП). Такая реорганизация существенно ускорила процесс разработки, испытаний, доводки новых образцов и принятие их на вооружение. Результатом стало то, что на сегодняшний день отечественное гранатометное оружие является одним из лучших в мире.

Первым образцом РПГ второго поколения явился РПГ-4 (1958-1961 гг.), в котором в качестве боеприпаса применялась надкалиберная противотанковая кумулятивная граната ПГ-150. В конструкции этого гранатомета уже был заложен ряд усовершенствований, ставших обязательными в последующих образцах. В частности, в том месте, где располагается стартовый пороховой заряд, ствол гранатомета был существенно расширен, что позволило лучшим образом использовать энергию пороха стартового заряда. К казенной части трубы присоединен конический раструб (сопло), обеспечивающий безоткатный выход ракеты из гранатомета. Полет кумулятивной гранаты стабилизировался шестью пластинчатыми лопастями, которые при досылке гранаты в ствол находились в сложенном состоянии.

Однако этот гранатомет не был принят на вооружение, так как следующий образец имел существенные преимущества перед РПГ-4. Первым комплексом, разработанным красноармейским подразделением ГНПП «Базальт» (тогда ГСКБ-47) и принятым на вооружение в 1961 г, был ручной противотанковый гранатомет РПГ-7 с выстрелом ПГ-7В (ведущий конструктор В.К. Фирулин). Это оружие оказалось настолько удачным, что до сих пор состоит на вооружении российской армии, а также армий 50 других стран. По своей популярности РПГ-7В приближается к автомату выдающегося оружейника М.Т. Калашникова.

В конструкции РПГ-7В (рис. 2.16) в полной мере использован предыдущий опыт, но имеются и существенные отличия. В частности, сохранено уширение ствола в его средней части, конический раструб в казенной части для обеспечения безоткатности при выстреле. Помимо ударно-спускового механизма добавлена рукоятка ствола, кроме механического гранатомет имеет оптический прицел, для стрельбы в положении «лежа» оснащен металлической сошкой. Для этого противотанкового комплекса был разработан новый активно-реактивный выстрел (граната – рис. 2.17,*а*). В конструкции выстрела, помимо стартового порохового заряда, имеется твердотопливный реактивный двигатель. Его особенностью является наличие шестисоплового блока, который размещен в головной части реактивного двигателя, практически совпадающего с центром масс гранаты и газовые струи которого, вытекая из сопл, не влияют на корпус гранаты и ее стабилизатор (рис. 2.17, *б*).

Реактивный двигатель, расположенный за боевой частью гранаты, представляет собой цилиндрическую камеру сгорания длиной 250 мм, внутри которой размещена цилиндрическая шашка из нитроглицеринового пороха с центральным каналом. Газовые струи истекают из сопловых отверстий в направлении, обратном полету, и создают реактивную силу, движущую гранату.



Рис. 2.16. Ручной противотанковый гранатомет РПГ-7В

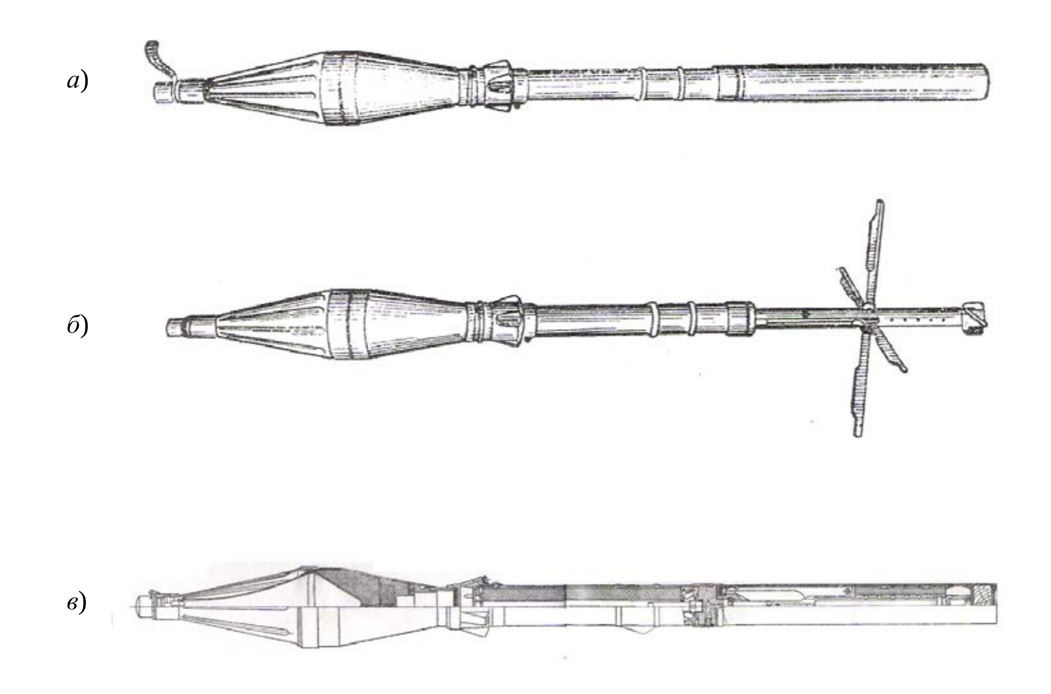


Рис. 2.17. Граната ПГ-7 в полете (*а*), выстрел ПГ-7В (а), разрез выстрела (*в*)

Сопла двигателя отклонены от его оси на небольшой угол, вследствие чего исключается силовое и тепловое действие на корпус и стабилизатор. Начальную скорость граната получает от стартового порохового заряда, прикрепленного к торцу реактивного двигателя. Во внутреннем канале заряда расположена трубка стабилизатора с четырьмя сложенными плоскостями, которые занимают рабочее положение по выходе гранаты из ствола гранатомета. На конце трубки стабилизатора находится турбинка с наклонными лопастями, которая вращает гранату во время выхода из ствола за счет газов, вытекающих из зарядной камеры. В торце турбинки установлен трассер, позволяющий следить за полетом гранаты на больших удалениях. В стартовом пороховом заряде используется ленточный нитроглицериновый порох. Реактивный двигатель запускается от удара бойка по капсюлю-воспламенителю, установленному на дне ракетной камеры. Луч огня от капсюля-воспламенителя, проходя по каналу Г-образной формы, вначале воспламеняет порох в стартовом заряде. Образующиеся газы заполняют зарядную камеру, давление возрастает до 900 кг/см^2 ($9{\cdot}10^7$ Па), пенопластовый пыж (пробка), закрывающий зарядную камеру, вылетает, начинается истечение газа из конического раструба. Граната под действием давления в зарядной камере устремляется вперед, совершая при этом вращательное движение от турбинки. Одновременно в начале движения происходит накол капсюля реактивного двигателя, что обеспечивает воспламенение ДРП и пороховой шашки в камере ракетного двигателя.

При выходе гранаты со скоростью 120 м/с из направляющей трубы под действием центробежных сил плоскости стабилизатора занимают рабочее положение. При удалении гранаты на 15-20 м реактивная сила двигателя достигает наибольшего значения. Время работы двигателя 0,4…0,6 с, но за этот период времени граната улетает на 100…120 м, скорость ее полета достигает 300 м/с. Устойчивость в полете поддерживается четырьмя лопастями стабилизатора.

Прицельная дальность стрельбы этого ракетного комплекса составляет 500 м, что обеспечивается оптическим прицелом ПГО-7. После модернизации в комплекс вошел выстрел ПГ-7ВМ, что улучшило кучность стрельбы и бронепробиваемость с 260 до 300 мм. Кучность стрельбы гранатой ПГ-7В характеризуется средними отклонениями по высоте $B_{в}$ = 0,4 м, по боковому направлению $B_{б}$ = 0,5 м, для модернизированных гранат – соответственно 0,3 и 0,4 м.

На базе РПГ-7В был создан гранатомет РПГ-7Д для десантных войск. Для удобства эксплуатации в десантных войсках ствол гранатомета при транспортировке разделялся на две части. С начала 1970-х годов ракетный гранатометный комплекс совершенствовался за счет разработки новых выстрелов (гранат). В результате бронепробиваемость составила 500 мм, граната ПГ-7ВЛ пробивала кирпичную стену толщиной 1,5 м, железобетонную плиту толщиной 1,1 м. Основные тактико-технические данные этого противотанкового комплекса приведены в табл. 10.

Т а б л и ц а 10

Основные ТТХ противотанковых гранатометов второго поколения

ТТХ	РПГ-4	РПГ-7В	РПГ-16	СПГ-9
Применяемый боеприпас	Надкалиберная КБЧ	ПГ-7В, ПГ-7ВН и др. КБЧ	Калиберный ПГ-16В, КБЧ	Калиберный ПГ-9В КБЧ, ОГ98
Пусковое устройство	Безоткатное многоразового использования			
Калибр, м: гранатомета гранаты	 45 83	 40 85(70,72,93)	 58,3 58,3	 73 73
Длина, мм: гранатомета гранаты с зарядом (выстрела)	 - -	 950 -	 1104/645 980	 2110
Масса, кг: гранатомета гранаты с зарядом (выстрела)	 4,7 1,9	 6,3 2,2	 10,3 2,05	 - 4,4/5,5
Начальная скорость, м/с	-	120	250	435/316
Прицельная дальность стрельбы, м	300	500	800	1300/4500
Дальность прямого выстрела, м	143	330	520	800
Бронепробиваемость, мм	220	260	300	300/400
Боевая скорострельность, выстрел./мин.	-	4-6	5-6	До 6

В 1970 г. на вооружение воздушно-десантных войск был принят специальный гранатомет РПГ-16 (рис. 2.18). Он также имел разъемный ствол, облегчающий его транспортировку и прыжки с парашютом. Существенно отличается выстрел ПГ-16В: граната ПГ-16 калиберная, калибр 58,3 мм. Начальная ее скорость 250 м/с, в конце активного участка 475 м/с. Стабилизатор с шестью лопастями размещен на сопловом блоке ракетного двигателя. Это уменьшало боковой снос гранаты в полете. Стартовый заряд присоединялся к двигателю посредствам быстроразъемного соединения байонетного типа. Комплекс широко применялся в боевых действиях в Афганистане, благодаря хорошей кучности и увеличенной дальности стрельбы использовался для поражения укрепленных огневых точек противника. Основные тактико-технические характеристики комплекса РПГ-16 приведены в табл. 10.



Рис. 2.18. Ручной противотанковый гранатомет РПГ-16

Ко второму поколению относится станковый противотанковый гранатомет СПГ-9 с выстрелом ПГ-9В (рис. 2.19), состоящий из кумулятивной БЧ, реактивного двигателя и стартового порохового заряда. Боевая часть калиберная, реактивный двигатель – с шестилопастным стабилизатором и двумя трассерами. Стартовый заряд, наполненный нитроглицериновым порохом, содержит воспламенительный состав из ДРП с электровосламенителем. Заряжение гранатомета производится с казенной части ствола при открытом затворе. Электрический ток, выработанный генератором, подается на электрозапалы стартового порохового заряда, который при сгорании воспламенителя приводится в действие. Образовавшиеся газы выталкивают гранату, а также вращают ее через наклонные тангенциальные отверстия во внешней части сопла. При дальнейшем повышении давления газов из сопла удаляется узел форсирования (пробка) и начинается истечение газов. После выхода гранаты из ствола раскрываются лопасти стабилизатора, через 15…20 м от дульного среза ракетный двигатель выходит на режим полной тяги.



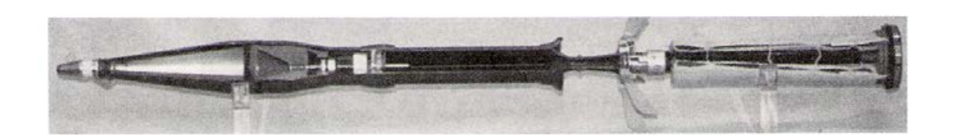


Рис. 2.19. Станковый противотанковый гранатомет СПГ-9

Бронепробиваемость кумулятивной гранаты выстрела ПГ-9В составляет 300 мм, а модернизированного выстрела ПГ-9ВС – 700 мм, что обеспечивает поражение зарубежных танков всех типов, не имеющих ДЗ и других средств защиты.

Пусковая установка гранатомета – треножный станок – имеет люльку для крепления ствола, механизмы вертикального и горизонтального наведения. Расчет для обслуживания СПГ-9 состоит из командира, наводчика, заряжающего и подносчика.

Применение СПГ-9 в «горячих» точках показало его с лучшей стороны. Поражение бронированных целей возможно на дальностях до 1300 м. Кучность стрельбы составляет: $B_в = B_б = 0,43$ м. В комплект боеприпасов входит и осколочная граната с дальностью стрельбы до 4500 м. Для наведения по цели используются дневной оптический прицел и ночной электронно-оптический ПГН-9.

В кумулятивных боевых частях применяются мощные ВВ: флегматизированный гексоген марки А-IX-1 и флегматизированный октоген (окфол). Последний имеет высокую скорость детонации – порядка 8700 м/с. Для подрыва БЧ были созданы новые пьезоэлектрические головодонные взрыватели, обеспечивающие взрыв ВВ на оптимальном расстоянии от поверхности брони.

Во всех гранатометных выстрелах второго поколения в стартовых пороховых зарядах вместо дымного ружейного пороха (ДРП) применен ленточный нитроглицериновый порох. Он обладает большей энергетикой, что позволило существенно увеличить начальную скорость полета гранаты.

2.4. Противотанковые реактивные гранатометные комплексы третьего поколения (РПГ-18, РПГ-22, РПГ-26, РПГ-27, РПГ-29)

Противотанковые гранатометные комплексы третьего поколения принципиально отличаются от образцов первого и второго поколений. В них пусковое устройство (гранатомет) является устройством одноразового применения. В составе выстрела отсутствует стартовый пороховой заряд, так как его энергия используется неэффективно: две трети газов истекает назад из канала ствола. Таким образом, основной движущей силой гранаты здесь является сила тяги твердотопливного реактивного двигателя, что более экономично и эффективно. Благодаря этой конструктивной схеме повысились скорость полета гранаты и ее дальность, улучшилась кучность стрельбы. Существенно изменилась и конструкция пускового устройства: стволы изготовляются не из стали, а из алюминиевых сплавов, пластмассы со стекловолокном, других синтетических материалов. Конструкция пусковых труб в ряде случаев имеет телескопическое устройство.

К первым гранатометам третьего поколения следует отнести американский М72 (1962 г.) и 74-мм шведский «Миниман» (1968 г.). В первом образце телескопический ствол состоял из двух труб: внутренней – из сплава алюминия и наружной – из стеклопластика. Для производства стрельбы их необходимо было выдвинуть один относительно другого, чтобы граната на выходе имела достаточную начальную скорость. У шведского «Минимана» ствол был изготовлен из пластмассы, армированной стекловолокном. Оба образца являются безоткатными системами за счет свободного истечения газов в открытую сзади направляющую трубу. После выстрела пусковое устройство выбрасывалось. Масса таких РПГ составляла 2,7 кг, дальность действия 150…180 м, бронепробиваемость 270…340 мм.

Первый отечественный образец КБ «Базальт» – реактивная противотанковая граната РПГ-18 («Муха») – в 1972 г. принята на вооружение Советской Армии (рис. 2.20). Двигателем гранаты здесь является твердотопливный реактивный двигатель. Пусковое устройство РПГ-18 состоит из двух телескопически расположенных труб: внутренней – из алюминиевого сплава и наружной – из стеклоткани. В походном положении трубы находятся одна в другой и составляют длину 705 мм, при стрельбе – в раздвинутом состоянии и длиной 1050 мм. При раздвижении труб в боевое положение граната оказывается в конце раздвинутого ствола. На задней части внутренней трубы сверху установлены ударный механизм, механизм блокировки и капсюль-воспламенитель гранаты. Все эти узлы размещаются в одном корпусе. В переднем гнезде корпуса находится боек ударного механизма, который наносит удар по капсюлю-воспламенителю. В результате в заднем гнезде срабатывает усилительная пороховая таблетка, луч огня по трубке-газоводу активизирует воспламенитель реактивного двигателя. Механизм блокировки исключает действие ударного механизма в походном положении, при нераздвинутых трубах фиксирует их в боевом состоянии. Имеется механический прицел, учитывающий начальную температуру ракетного топлива. Кучность стрельбы на дистанцию прямого выстрела составляет: $B_в = B_б = 0,4$ м.

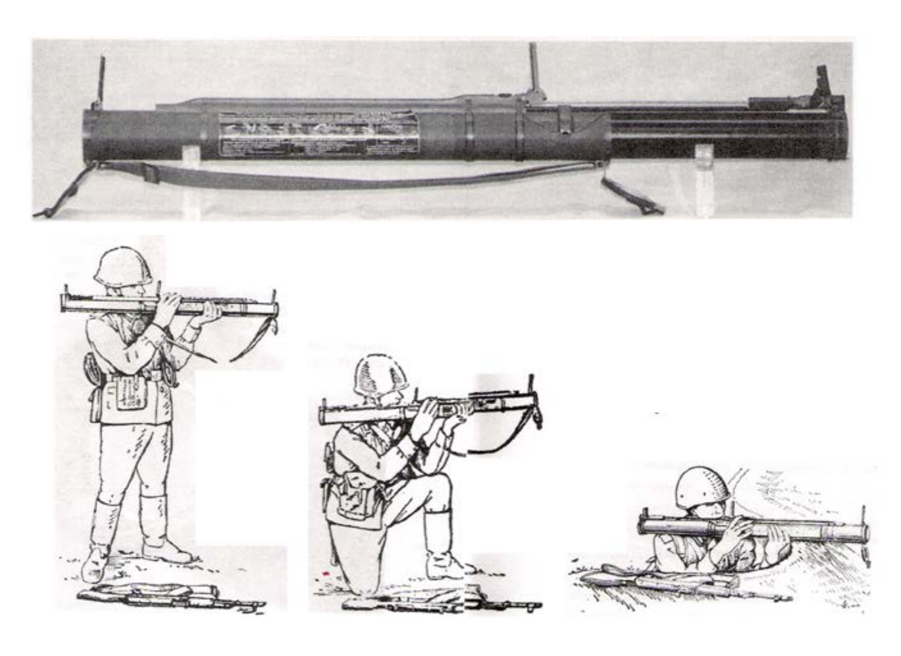


Рис. 2.20. Реактивная противотанковая граната РПГ-18

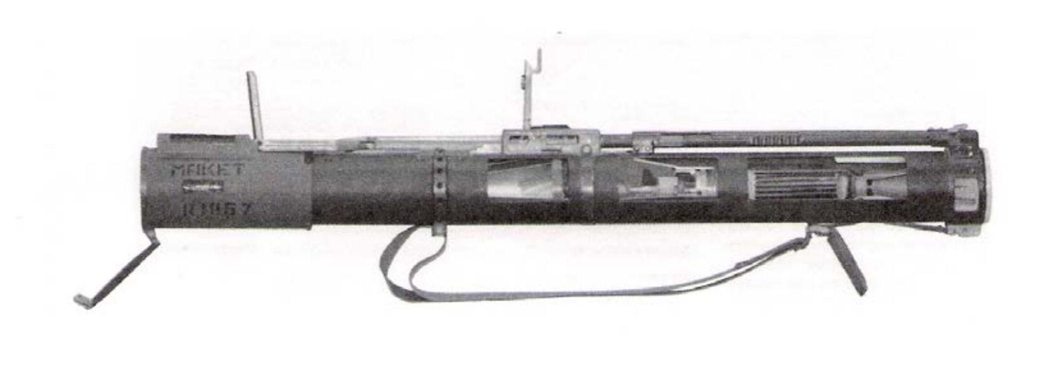
РПГ-18 выпускалась промышленностью до 1993 г., общее количество – 1,5 млн единиц. Стоимость одного выстрела – 721 доллар США. Основные ТТХ приведены в табл. 11.

Таблица 11

Основные ТТХ реактивных противотанковых гранат третьего поколения

ТТХ	РПГ-18 «Муха»	РПГ-22 «Нетто»	РПГ-26 «Аглень»	РПГ-27 «Таволга»	РПГ-29 «Вампир»
Применяемые боеприпасы	Калиберная граната с КБЧ и реактивным двигателем			Калиберная граната с тандемной КБЧ и реактивным двигателем	
Тип пускового устройства	Одноразового применения				Многоразового применения
	Две раздвижные трубы	Труба с насадкой	Однотрубные		Две трубы в сборе
Калибр, мм	64	72,5	72,5	105	105,2
Длина в походном/ боевом положении	705/1050	755/850	770	1135	1000/1850
Масса РПГ в сборе, кг	2,6	2,7	2,9	8,3	12,1
Масса гранаты, кг	1,4	1,5	1,8	5,0	-
Начальная скорость, м/с	114	133	144	120	255
Дальность стрельбы, м:					
прицельная	200	250	250	200	500
прямого выстрела	135	160	170	140	300
Бронепробиваемость, мм	300	400	440	600 после ДЗ	600 после ДЗ

Реактивная противотанковая граната РПГ-22 («Нетто») является модернизированным вариантом РПГ-18 (рис. 2.21). Отличительная особенность этого комплекса – увеличенное могущество БЧ за счет увеличения массы заряда типа «окфол» с 312 до 340 г и калибра с 64 до 72,5 мм, в результате чего бронепробиваемость увеличилась до 400 мм. Применение вместо наружной трубы выдвижного насадка сократило длину РПГ-22 до 850 мм. Использование пироксилинового пороха привело к увеличению импульса реактивной силы. Кроме этого, установлен более надежный взрыватель ВП-22 с дальним взведением на 2,5…15 м после вылета и самоликвидацией после 3,5…6,5 с полета. Лопасти стабилизатора подпружинены, что увеличило надежность их работы, изменена конструкция замково-стопорного механизма. РПГ-22 принята на вооружение в 1980 г. До 1993 г. изготовлено 500 000 единиц. Основные ТТХ приведены в табл. 11.



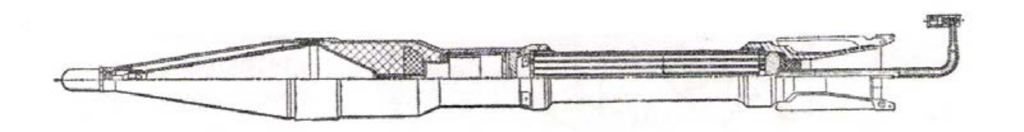


Рис. 2.21. Реактивная противотанковая граната РПГ-22

Реактивная противотанковая граната РПГ-26 («Аглень», рис. 2.22) имеет одну направляющую длиной 770 мм, изготовлена из стеклопластика, обеспечивает начальную скорость выхода до 144 м/с, что позволило увеличить дальность прямого выстрела до 170 м. Однотрубная конструкция пускового устройства сократила время перевода из походного положения в боевое и обратно, если необходимость в стрельбе отпадает. Не требуется открывать переднюю и заднюю крышки направляющего устройства: передняя разрывается обтекателем головной части, задняя отбрасывается истекающими газами. Прицельное приспособление учитывает начальную температуру ракетного топлива. Масса РПГ-26 2,9 кг. В 1985 г. комплекс принят на вооружение. Основные ТТХ приведены в табл. 11.

Реактивная противотанковая граната РПГ-27 («Таволга», рис. 2.23) создана с целью поражения танков, имеющих динамическую защиту. Отличительной особенностью этой гранаты является применение так называемой тандемной схемы расположения двух кумулятивных боевых частей: передней (предзаряд), предназначенной для разрушения динамической защиты танка, и основной – для поражения самого танка. Передняя БЧ с пьезоэлектрическим взрывателем срабатывает при встрече с динамической защитой танка, разрушает ее и подает импульс на срабатывание основной боевой части. При этом кумулятивная струя основной БЧ образуется после подрыва ВВ динамической защиты. В результате граната РПГ-27 обеспечивает пробитие брони за ДЗ современных танков, может успешно применяться для поражения живой силы противника, находящейся в зданиях и сооружениях из кирпича, железобетона и деревоземляных укрытиях.

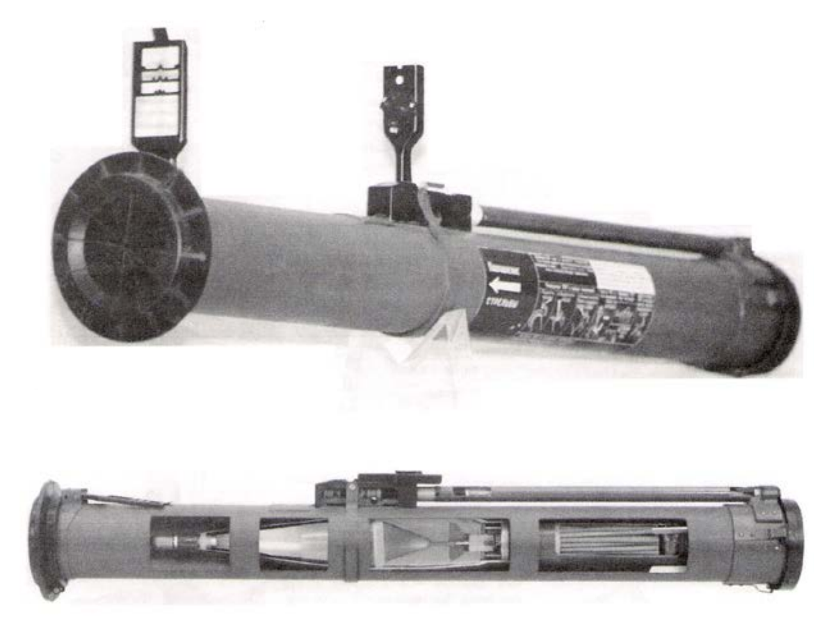


Рис. 2.22. Реактивная противотанковая граната РПГ-26

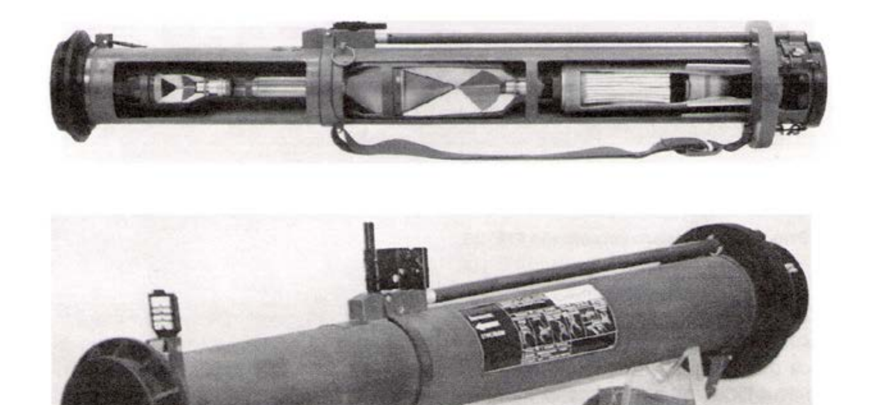


Рис. 2.23. Реактивная противотанковая граната РПГ-27

В реактивном двигателе гранаты используется пироксилиновый порох «щеточного типа», что обеспечивает эффективную работу РДТТ. Одноразовое пусковое устройство этого боеприпаса представляет собой трубу из стеклопластика калибра 105 мм и длиной 1135 мм. На трубе размещены ударно-спусковой механизм и прицельные приспособления. Вблизи заднего среза на направляющей трубе имеется откидной упор для стрельбы из положения «лежа», устанавливаемый при стрельбе на грунт. РПГ-27 имеет переднюю и заднюю крышки, которые не требуется снимать перед стрельбой. Принята на вооружение в 1989 г. В 1993 г. впервые демонстрировалась на международной выставке вооружений IDEX-93 в Абу-Даби (Объединенные Арабские Эмираты). Пуск РПГ-27 показан на рис. 2.24. Основные ТТХ РПГ-27 представлены в табл. 11.

Ручной противотанковый гранатомет РПГ-29 с выстрелом ПГ-29В («Вампир», рис. 2.25) предназначен для поражения танков, имеющих динамическую защиту. Выстрел ПГ-29В имеет тандемную боевую часть. Передняя КБЧ при попадании в ДЗ инициирует ВВ ДЗ. При этом начинает функционировать взрыватель основной БЧ, который подрывает ее после разлета осколков ДЗ. Основная КБЧ поражает танки, огневые точки в зданиях и сооружениях из кирпича, железобетона и ДЗОТы. Реактивный двигатель ПГ-29В аналогичен РДТТ гранаты ПГ-27, но здесь воспламенение ракетного топлива происходит от электрического импульса генератора ударно-спускового механизма, расположенного на гранатомете. При достижении в камере двигателя определенного давления выталкивается назад узел форсирования, стабилизатор освобождается от контактной втулки и граната начинает движение. Важной особенностью этого комплекса является то, что РДТТ работает только в пределах длины ствола гранатомета. Далее граната летит по инерции, как свободно брошенное тело. Стабилизаторы под действием пружин раскрываются после ее выхода из направляющей трубы. Для постоянного наблюдения за полетом гранаты она оснащена трассерами. Стрельба РПГ-29 показана на рис. 2.26.



Рис. 2.24. Стрельба из РПГ-27



Рис. 2.25. Ручной противотанковый гранатомет РПГ-29 и выстрел ПГ-29В



Рис. 2.26. Подготовка к стрельбе с колена из РПГ-29

Отечественные неуправляемые средства поражения бронетанковой техники и других целей отвечают самым высоким требованиям, предъявляемым к этому виду вооружения, способны уничтожать все созданные в настоящее время зарубежные образцы, решать другие боевые задачи, возникающие в условиях современных боевых столкновений.

Как показывает представленный обзор, отечественная научно-производственная база ВПК обладает необходимым и достаточным потенциалом для решения самых сложных проблем не только в обозримом будущем, но и в отдаленной перспективе.

Контрольные вопросы

1. *Перечислите неуправляемые средства поражения БТТ, принятые на вооружение в настоящее время.*
2. *Противотанковые ружья. Их достоинства и недостатки.*
3. *Артиллерийские противотанковые средства поражения БТТ периода Великой Отечественной войны.*
4. *Современные артиллерийские средства поражения БТТ и перспективы их развития. Боеприпасы противотанковой артиллерии.*
5. *Зарубежные противотанковые средства периода ВОВ.*
6. *Первые отечественные образцы ПСП, их устройство и особенности.*
7. *Особенности противотанковых гранатометных комплексов второго поколения.*
8. *Особенности противотанковых средств поражения танков, имеющих ДЗ.*
9. *Отличия ПСП третьего поколения, их достоинства.*

3. ПРОТИВОТАНКОВЫЕ РАКЕТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ УПРАВЛЯЕМЫХ РАКЕТ

3.1. Общая характеристика ПТРК с управляемыми ракетами на современном этапе

В середине прошлого столетия танковые соединения в армиях развитых стран мира составляли главную ударную силу на поле боя. Численность танковых войск НАТО, нацеленных на восточное направление, в настоящее время вдвое превышает количество единиц БТТ Российской Федерации.

Реальная прицельная дальность стрельбы танковых пушек и противотанковой полевой артиллерии не превосходит 2000 м, что потребовало незамедлительного создания нового эффективного оружия для успешной борьбы с современной бронированной техникой на больших дистанциях до цели. Таким средством являются противотанковые ракетные комплексы с применением управляемых ракет (ПТРК). Переносные ПТРК применяются в пехоте, устанавливаются на БМП, БРДМ, БТР, танках, вертолетах и самолетах. В состав ПТРК входят пусковая установка с прицельным и пусковым оборудованием и противотанковая управляемая ракета (ПТУР).

В зависимости от типа применяемой системы управления различают ПТУР первого, второго и третьего поколений.

ПТУР первого поколения были разработаны в середине XX в. и наводились на цель по методу «трех точек» (глаз оператора, трассер ракеты, цель). К первому поколению относятся комплексы «Шмель», «Малютка» (СССР), СС-10, СС-11 (Франция), «Виджилент» (Англия), «Кобра» (Германия) и др. Для передачи команд на управление полетом ракеты использовались провода.

В начале 1970-х гг. появились ПТУР второго поколения, в которых наведение осуществляется по методу «двух точек». В этом случае оператор совмещает перекрестие прицела с силуэтом танка, а выработка команд управления производится автоматически, команды передаются по проводам, а также с использованием луча лазера. Ко второму поколению относятся отечественные комплексы «Метис», «Фагот», «Конкурс» и др., к зарубежным – «Тоу», «Дракон» (США), «Акра» (Франция), «Милан» (Германия).

В современных ПТРК используется принцип «выстрелил–забыл», т.е. оператор должен совместить перекрестие прицела с целью и нажать на кнопку «Пуск». Головка самонаведения ракеты сама выполнит наведение на цель. К третьему поколению относятся комплексы «Хризантема» (Россия), «Джавелин» (США), «Предатор» (США) и др.

При создании ПТУР третьего поколения учитываются повышенные тактико-технические требования:

1) в области повышения могущества боевых частей – расширение номенклатуры за счет применения тандемных кумулятивных, фугасных (термобарических), осколочных зарядов, БЧ, формирующих ударное ядро, кинетических и др. Ракеты с тандемными кумулятивными БЧ обеспечивают бронепробиваемость порядка 750…1200 мм брони после динамической защиты. К примеру, ПТУР HVM обладает громадной кинетической энергией, равной кинетической энергии 60-тонного танка, двигающегося со скоростью 96 км/ч;

2) для получения больших (сверхзвуковых) скоростей полета – применение новых высокоэнергетических ракетных топлив;

3) обеспечение стрельбы в дневных и ночных условиях благодаря использованию дневных, ночных инфракрасных, тепловизионных прицелов;

4) создание систем управления с использованием волоконно-оптических кабелей (ВОК), а также систем управления в миллиметровом диапазоне волн;

5) новые способы поражения бронированных целей – пикирование при пролете ПТУР над целью.

Противотанковое ракетное оружие является средоточием самых передовых научных идей, технических решений и передовых конструкторских разработок и относится к классу высокоточного оружия (ВТО).

В Российской Федерации имеются все необходимые условия для выполнения перечисленных требований. Успешно работает целая система научных и конструкторских организаций, специализированных заводов, входящих в состав военно-промышленного комплекса (ВПК) РФ: ФГУП ГНПП «Базальт», ФГУП КБМ, ФГУП КБП, ФГУП КБТМ, НИИ «Сигнал», завод им. В.А. Дегтярева и ряд других. ФГУП ГНПП «Базальт» (г. Москва) является головным предприятием по созданию противотанковых гранатометов и выстрелов к ним. ФГУП КБМ (г. Коломна) организовано 11 апреля 1942 г. Руководили этим предприятием выдающиеся конструкторы Б.И. Шавырин, С.П. Непобедимый и др. В КБ создано более 40 образцов военной техники, среди них ПТРК «Шмель», «Малютка» и др. Сегодня КБМ находится на передовых позициях в мире по созданию противотанковых, переносных зенитных и оперативно-тактических ракетных комплексов. Разработан ПТРК третьего поколения «Хризантема».

ФГУП КБП (г. Тула) – головной разработчик высокоточного управляемого вооружения – противотанковых комплексов: переносных для пехоты, подвижных для БМП, БТР, БРДМ, танков, вертолетов, самолетов. В 1960-80 гг. его возглавлял выдающийся конструктор А.Г. Шипунов. Тогда на вооружение поступили комплексы «Фагот», «Конкурс», «Метис» – ПТРК второго поколения. В настоящее время КБП активно работает над созданием ПТРК третьего поколения – «Гермес» (дальность действия 15 км).

Наиболее защищенная лобовая зона отечественных танков имела многослойную броню, которая накрыта либо навесной (Т-64БВ, Т-72АБ, Т-80БВ), либо встроенной (Т-72Б, Т-80УД, Т-80У) динамической защитой. Сегодня такая защита уже не обеспечивает выживаемости российских танков на поле боя. Во-первых, потому, что все зарубежные ПТУР с тандемными БЧ преодолевают навесную и встроенную ДЗ с вероятностью не менее 0,8. Во-вторых, бронепробиваемость БЧ

большинства зарубежных ПТУР превосходит стойкость защиты наших танков. Так, бронепробиваемость основного заряда тандемных БЧ ракет НОТ2Т, «Хеллфайр», «Эрикс», «Милан-2Т», «Джавелин» составляет соответственно 1200, 1090, 950, 880, 750 мм.

3.2. Противотанковые ракетные комплексы для управляемых ракет первого поколения (ПТУР)

3.2.1. ПТРК «Шмель» для управляемой ракеты 3М6

Правительственным постановлением от 27 мая 1957 г. коломенскому КБМ Б.И. Шавырина поручалось создание противотанкового управляемого ракетного комплекса под общим наименованием «Шмель» (рис. 3.1). Непосредственно в КБ эту работу возглавил молодой тогда инженер С.П. Непобедимый. Возможным мотивом для такого решения послужил тот факт, что во время израильско-египетского конфликта в 1956 г. израильтяне подбили и сожгли французскими управляемыми ракетами типа SS-10 и SS-11 более 100 танков Т-34, находящихся на вооружении египетской армии.

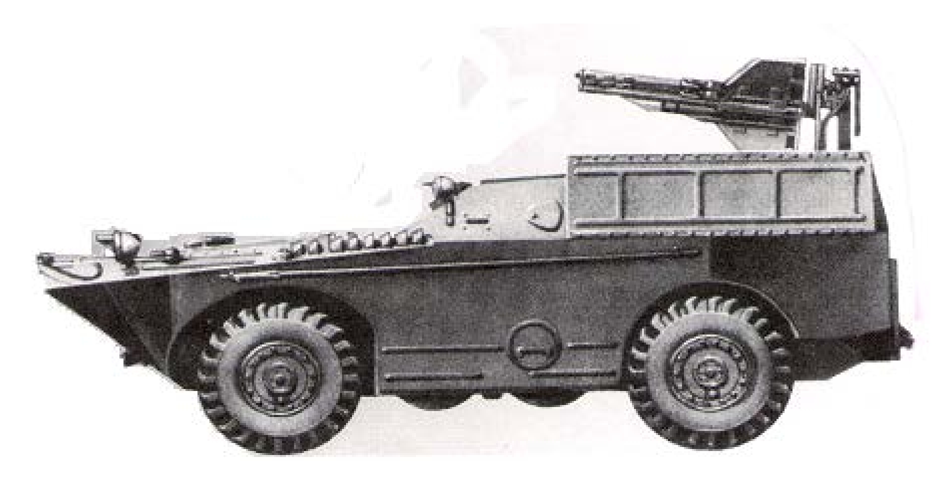


Рис. 3.1. Противотанковый ракетный комплекс «Шмель».
Боевая машина 2А27 (на базе БРДМ-1) комплекса 2К16: Боевая масса – 5,85 т,
экипаж – 2 человека, темп стрельбы – 2 пуска в минуту, боекомплект – 3+3 ПТУР

Проектирование ракетного комплекса «Шмель» началось в КБМ в 1957 г. ЦНИИ-173 (теперь ЦНИИ АГ) разработал систему управления, НИИ-125 – заряд для твердотопливного ракетного двигателя, НИИ-6 – боевую часть. Завод им. В.А. Дегтярева должен был подготовить серийный выпуск первого отечественного противотанкового ракетного комплекса и создать условия для его массового выпуска.

Пусковая установка для комплекса монтировалась на автомобиле ГАЗ-69 и на шасси БРДМ-1. Управляемая ракета 3М6 предназначалась для поражения подвижных и неподвижных бронированных целей на дальности до 2000 м (рис. 3.2). В головной части размещались взрыватель и кумулятивная БЧ, далее – приборный отсек с гироскопом, катушка с кабелем, маршевый и стартовый твердотопливные ракетные двигатели. Стартовый двигатель разгонял ракету за 0,6 с до скорости около 100 м/с, а маршевый за 20 с работы обеспечивал полет до цели. Двухстепенной гироскоп выдавал команды для стабилизации ракеты по крену. Был применен трехточечный метод наведения на цель, когда глаз оператора, ракета и цель постоянно находятся на одной линии. Управление полетом ракеты производилось с помощью оптического визира и пульта оператора непосредственно с боевой машины или вне ее с использованием выносного пульта оператора с биноклем БПШ-8. Управление по курсу и тангажу осуществлялось оператором, который должен был посредством ручки управления на пульте удерживать наблюдаемую через бинокулярный 8-кратный оптический прицел ракету на силуэте танка. Команды передавались на борт ракеты по двужильному кабелю, который разматывался с катушки, установленной в ракете. Траектория полета ракеты изменялась под действием вибрирующих интерцепторов – пластин, установленных на задней кромке крыла. Частота колебаний интерцепторов составляла около 15 Гц. При поступлении

сигнала на электромагниты продолжительность нахождения интерцептора в одной из крайних точек увеличивалась. Возникала управляющая сила, изменяющая траекторию полета ракеты.

ПТРК «Шмель» был принят на вооружение Советской Армии 1 августа 1960 г. На тот период времени он обладал высокими боевыми качествами, имел бронепробиваемость 300…380 мм, дальность действия 500…2300 м. В последние годы Тульское конструкторское бюро приборостроения создало пехотный ракетный огнемет с одноименным названием – «Шмель».

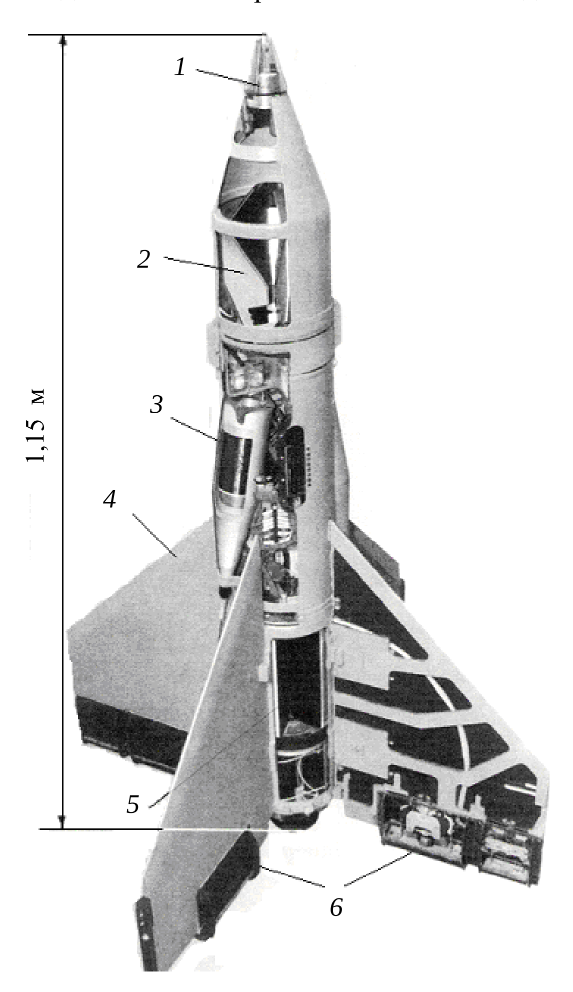


Рис. 3.2. Управляемая противотанковая ракета 3М6 «Шмель»: *1* – взрыватель; *2* – кумулятивная БЧ; *3* – катушка с кабелем; *4* – крыло; *5* – твердотопливный двигатель; *6* – управляющие виброинтерцепторы

3.2.2. ПТРК 9К11 «Малютка» для управляемой ракеты 9М14

Работы по созданию ПТРК 9К11 «Малютка» (рис. 3.3) были начаты по правительственному постановлению от 6 июля 1961 г. Комплекс отличался рядом удачных конструктивных решений и продолжительной, богатой военными событиями жизнью. В ходе «Войны судного дня» на Ближнем Востоке в 1973 г, по оценкам арабской стороны, этими комплексами было уничтожено около 800 израильских танков [8]. Состоял на вооружении Советской Армии, армий стран Варшавского Договора, эксплуатируется в армиях Китая, Индии, Кубы, Северной Кореи и других стран. Производился, помимо СССР, в Китае, Югославии, Болгарии, Иране.

Конструкция ракеты представлена на рис. 3.4. Кумулятивная БЧ присоединяется быстродействующими замками к крыльевому отсеку, в котором расположены маршевый двигатель, рулевая машинка и гироскоп. В кольцевом объеме вокруг маршевого двигателя размещалась камера сгорания с твердотопливным зарядом, а за камерой – катушка с проводом, по которому подаются команды на управление полетом. На внешней поверхности корпуса ракеты установлен трассер, позволяющий видеть ракету на удалении до 3000 м. Управление полетом производилось оператором путем подачи сигналов по проводам на перемещение дефлекторов, расположенных на двух противоположных косонаправленных соплах маршевого двигателя. Управление по тангажу и курсу осуществлялось попеременно, поскольку ракета в полете вращалась относительно продольной оси со скоростью 8,5 об/с. Вращение ракеты в полете поддерживалось косопоставленными плоскостями

крыльевого отсека. Для увязки углового положения ракеты с наземной системой координат использовался трехстепенной гироскоп с механической раскруткой посредством ленты. Питание рулевой машинки обеспечивалось по проводу от наземной аппаратуры, входящему в трехжильный кабель управления. В этом комплексе используется трехточечный метод управления полетом ракеты.

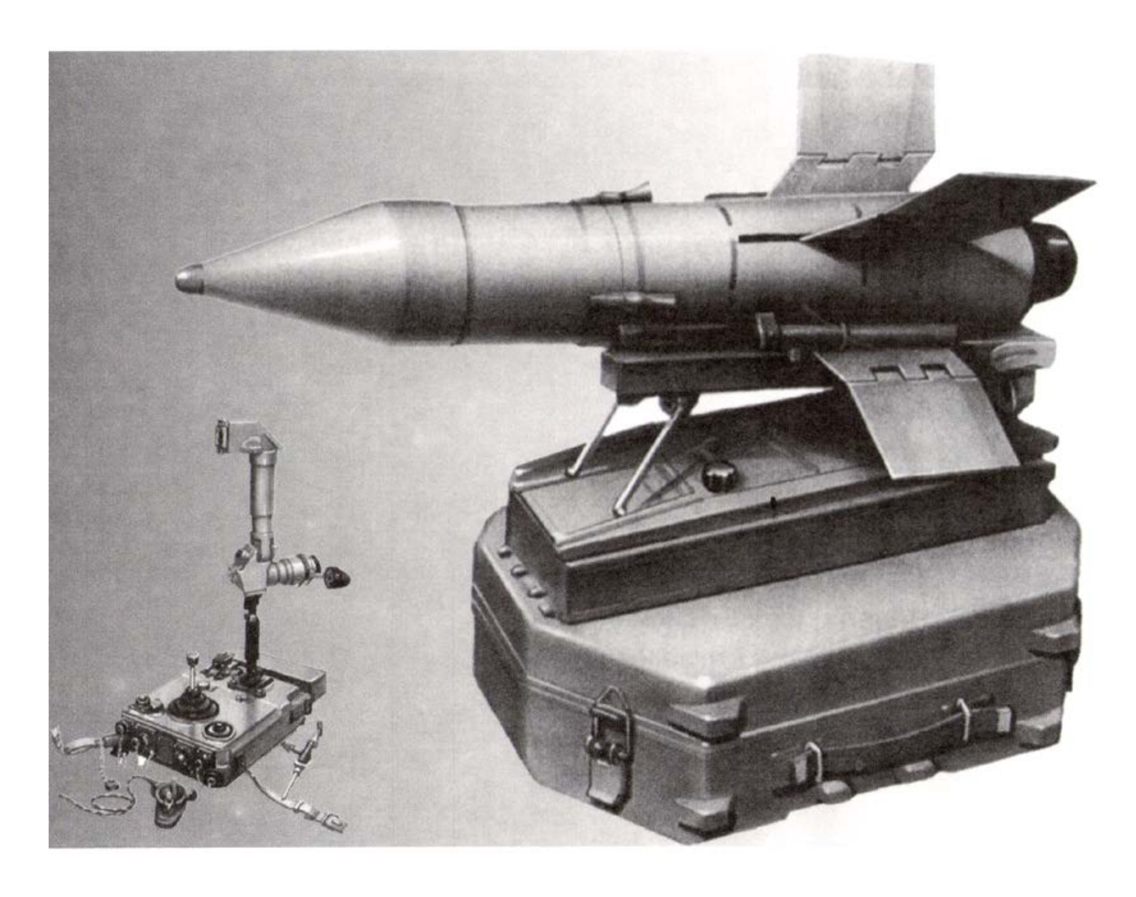


Рис. 3.3. ПТРК 9К11 «Малютка».
Пульт управления в боевом положении (слева)

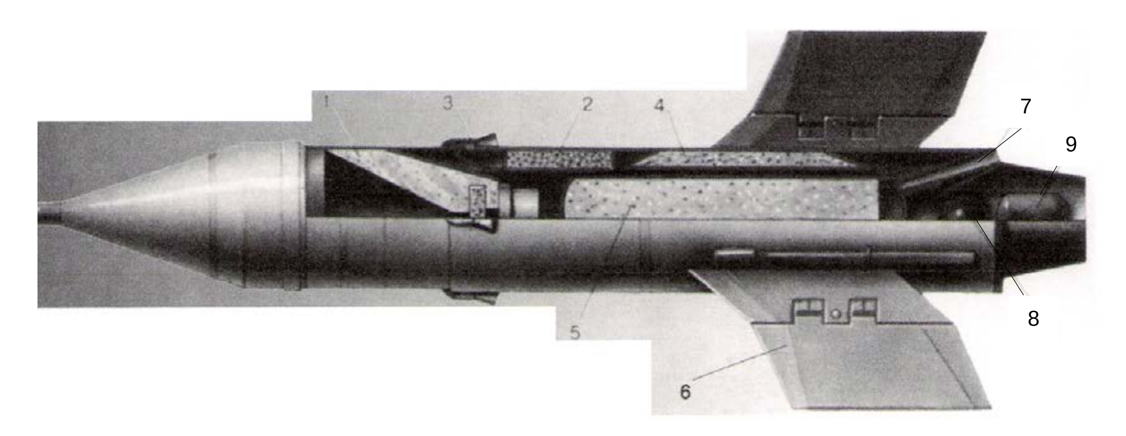


Рис. 3.4. Управляемая ПТУР «Малютка»: *1* – кумулятивная БЧ; *2* – стартовый двигатель; *3* – сопло стартового двигателя; *4* – катушка с кабелем; *5* – маршевый двигатель; *6* – складное крыло; *7* – сопло маршевого двигателя; *8* – рулевая машинка; *9* – гироскоп

Первоначально ракета 9М14 входила только в переносной противотанковый комплекс 9К11, предназначенный для поражения танков, легких полевых сооружений, огневых точек противника на дальностях от 500 до 3000 м. В состав комплекса входят наземная аппаратура управления, чемоданы-ранцы с пусковыми установками и ракетами. Расчет, обслуживающий переносной комплекс, состоит из трех человек. Командир расчета, старший оператор, переносит аппаратуру управления, два оператора переносят чемоданы-ранцы, в которые уложены ракеты, отстыкован-

ные боевые части, пусковые установки, катушки с кабелем (рис. 3.5). Зона поражения целей изображена на рис. 3.6. На огневой позиции необходимо определить свой сектор обстрела, собрать ракету, установить крышку ранца на грунт (снег). После соединения пусковой установки с крышкой чемодана-ранца навести ее в требуемом направлении по курсу (рис. 3.7). Чертеж ПУ комплекса представлен на рис. 3.8. При появлении цели необходимо навести визир на силуэт танка и нажать кнопку «Пуск». Подавая команды рукояткой на пульт управления «влево», «вправо», «вверх», «вниз», удерживать ракету (трассер) в пределах силуэта танка.

ПТРК «Малютка» принят на вооружение 16 сентября 1963 г. За время производства поставлено в отечественные Вооруженные Силы и в более чем 35 стран свыше 300000 единиц. В последующие годы ракету неоднократно модернизировали. На рис. 3.9 показано семейство модернизированных ракет «Малютка-2».

В 1968 г. под ракету 9М14М был разработан новый комплекс для боевой машины 9П122 на шасси БРДМ-2, в котором устанавливалось шесть противотанковых ракет (рис. 3.10), а также на шасси БМП-1 с четырьмя ПТУР. В 1969 г. завершилась разработка полуавтоматического варианта комплекса – 9К14П «Малютка-П». Специально для него предназначалась боевая машина 9П133, также на шасси БРДМ-2. Для модернизированных ракет «Малютка-2» создана пехотная носимая пусковая установка, оснащенная современными прицельными приспособлениями (рис. 3.11). В 1974 г. появился вертолет МИ-8ТБК, на котором располагались пусковые установки для шести «Малюток». Основные тактико-технические характеристики рассмотренного ПТРК приведены в табл. 12.

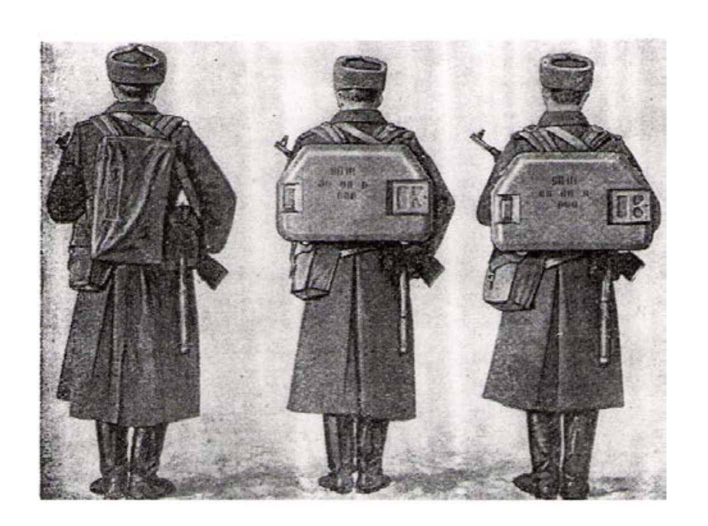


Рис. 3.5. Расчет для обслуживания ПТРК «Малютка»

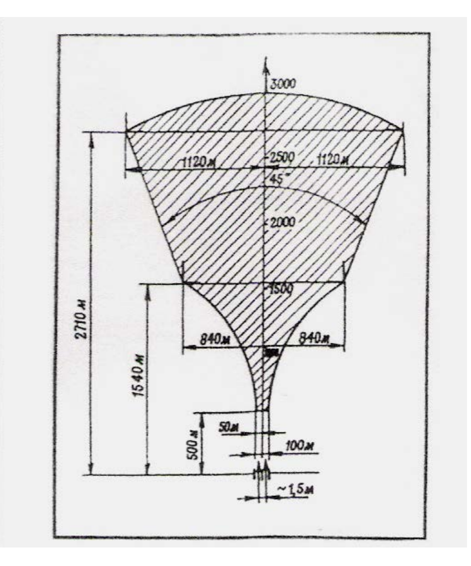


Рис. 3.6. Зона поражения при стрельбе ПТУР «Малютка»

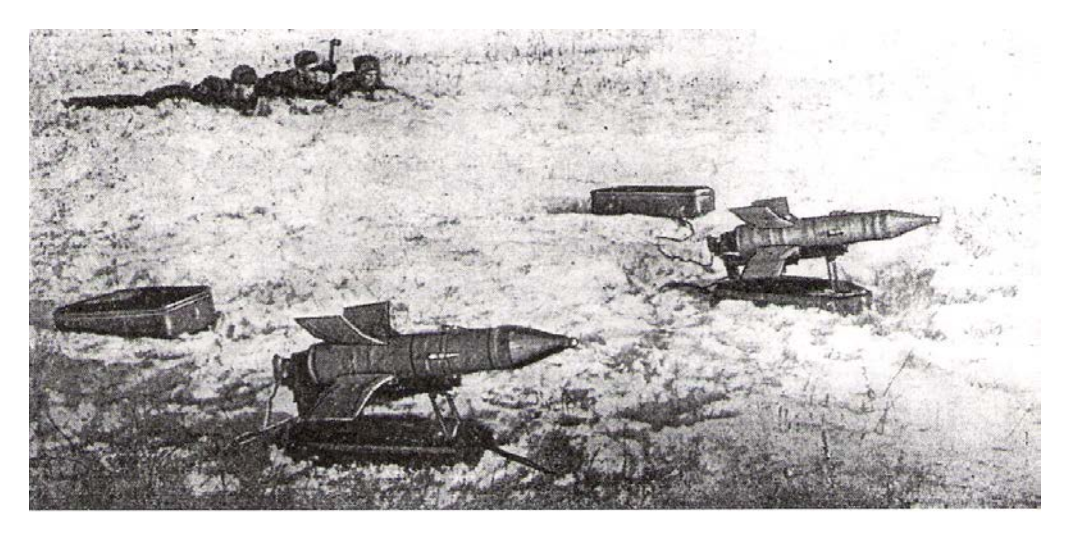


Рис. 3.7. Боевой порядок расположения комплекса «Малютка»

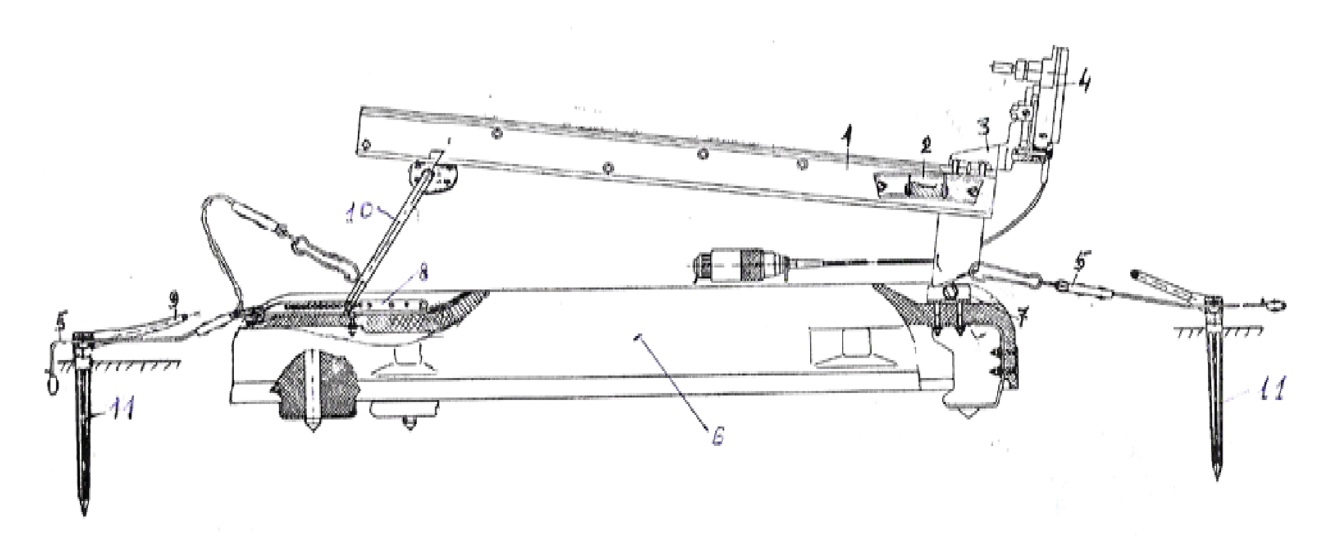


Рис. 3.8. Чертеж ПУ комплекса «Малютка»: *1* – направляющая; *2* – уровень; *3* – стойка; *4* – бортразъем; *5* – растяжка; *6* – крышка чемодана-ранца; *7* – скоба; *8* – лоток; *9* – скоба; *10* – винт; *11* – сошник



Рис. 3.9. Модернизированный ракетный комплекс «Малютка»



Рис. 3.10. Боевая машина 9П122 на шасси БРДМ-2

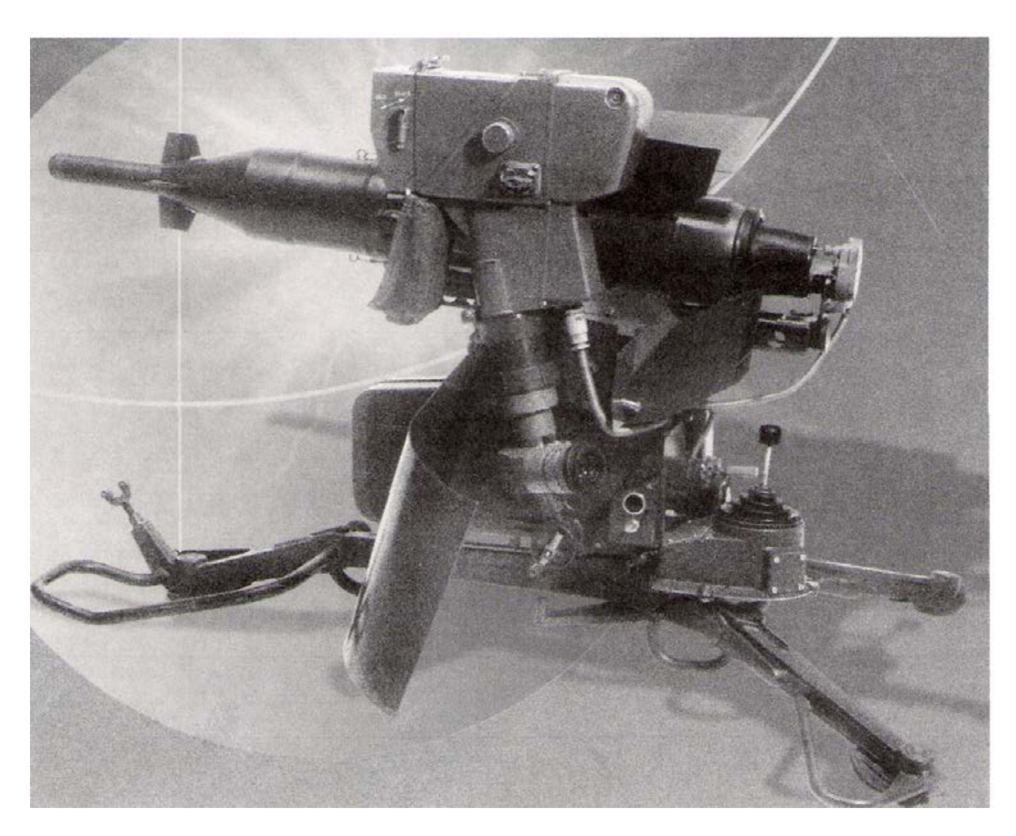


Рис. 3.11. Пехотная носимая ПУ для ракет «Малютка-2»

Таблица 12

ТТХ противотанкового комплекса «Малютка»

ТТХ	Комплекс 9К11	
Дальность стрельбы, м	500-3000	
Число ракет в комплексе	2	
Боевой расчет, чел.	3	
Время перевода в боевое положение, с	100	
Темп стрельбы, выстрел/мин	2	
	Ракета 9М14	Ракета 9М14П
Размеры ракеты, мм:		
калибр (диаметр корпуса)	125	125
длина	860	871
размах крыльев (в разложенном положении)	395	393
Средняя скорость полета ракеты, м/с	115	115
Время полета на максимальную дальность, с	26	26
Вероятность поражения цели типа танк	0,7	0,9
Масса ракеты, кг	10,9	11,4
Боевая часть	Кумулятивная	Кумулятивная
Масса боевой части, кг	2,6	-
Бронепробиваемость, мм:		
под углом 0^0	400	520
под углом 60^0	200	-

Продолжительная эксплуатация многими странами ПТРК «Малютка» позволила выявить его основные недостатки:

1. Ручное управление (кроме 9М14П) и, следовательно, зависимость эффективности применения комплекса от степени тренированности и психофизического состояния оператора.

2. Недостаточно высокий уровень боеготовности. При всем удобстве эксплуатации перед боевым применением требуется извлечь ракету из чемодана-ранца, пристыковать БЧ, раскрыть кон-

соли крыльев, разместить ракету на направляющей пусковой установки, которую, в свою очередь, нужно развернуть при переходе из походного положения в боевое.

3. Для обеспечения безопасности оператора от воздействия газовой струи двигателя ракеты пульт управления относят подальше от пусковой установки. Для выведения стартующей сбоку ракеты на линию визирования также требуется время. Оно-то в значительной мере и определяет ограничение по минимальной дальности пуска.

4. Недостаточно высокая скорость полета позволяет противнику предпринимать эффективные меры противодействия.

ПТРК «Малютка» был наиболее удачным образцом оружия в первом поколении этого вида противотанковых средств поражения БТТ.

Интенсивное развитие бронетанковой техники, применение новых конструктивных решений в обеспечении живучести, увеличение могущества артиллерийского оружия и других средств поражения привели к необходимости значительного совершенствования противотанковой ракетной техники, отвечающей более высоким современным требованиям.

Значительные проектные и опытные работы были выполнены по противотанковой радиоуправляемой ракете «Фаланга», которая после многочисленных перемен конструкторских коллективов, где она разрабатывалась, 30 августа 1960 г. была принята на вооружение. Несмотря на устранение многих недостатков и проведенную модернизацию, в результате которой были созданы полуавтоматические комплексы «Фаланга-П» и «Фаланга-М», нашедшие применение на отечественных и зарубежных вертолетах, эти комплексы из-за сложности и высокой стоимости не получили такого признания и авторитета, как ПТРК «Малютка».

3.3. Противотанковые ракетные комплексы для управляемых ракет второго поколения («Фагот», «Конкурс», «Метис», «Корнет», «Рефлекс», «Инвар»)

В ПТРК первого поколения, в которых управление полетом ракеты осуществлялось по методу «трех точек», обязанности оператора должен был выполнять натренированный военнослужащий, прошедший продолжительную подготовку, а также специальные тесты на качественное зрение, хорошую реакцию, высокие волевые качества и т.п.

Применение ПТРК типа «Малютка» в переносном варианте требовало значительного времени для перехода в боевое положение. Ракета извлекалась из чемодана-ранца, к ней присоединялась боевая часть, раскрывались крылья. Ракета вручную устанавливалась на направляющие устройства пусковой установки, которая в свою очередь переводилась в боевое положение, устанавливаясь в секторе предполагаемой стрельбы в необходимое положение. Все это осложняло эффективное применение этих образцов противотанкового оружия.

Принципиальным отличием ПТРК второго поколения является наведение ракеты в полуавтоматическом режиме по «двухточечному методу», когда оператор должен совмещать перекрестие прицела и цель, а ракета наводится самостоятельно по командам от аппаратуры наведения, в которой постоянно решается задача встречи с целью по информации, поступающей от оператора, следящего за целью. Если ранее оператору было необходимо следить за целью и ракетой (трассером) и управлять полетом ракеты, то теперь эта задача значительно упрощается – нужно следить только за целью. Такая схема управления существенно повысила вероятность поражения цели – до 90…95%. Другой особенностью является то, что команды на изменение траектории полета ракеты в ряде комплексов по-прежнему передаются по проводам, что снижает скорость полета, которая колеблется в пределах 150…250 м/с. Во избежание этого часть более поздних ПТУР («Штурм», «Хризантема») наводятся на цель по радиолинии (см- и мм-диапазон) или по лазерному лучу (ИК-спектр). В этом случае отсутствует какая-либо механическая связь между ракетой и пусковой установкой.

Рассмотрим устройство и функционирование некоторых противотанковых ракетных комплексов второго поколения.

3.3.1. ПТРК 9К111 «Фагот»

В 1963 г. Тульскому КБ приборостроения совместно с ЦНИИ точного машиностроения было поручено разработать ПТРК второго поколения, в котором наведение на цель осуществляется по методу «двух точек». Работу возглавили А.Г. Шипунов и Н.Ф. Макаров. Противотанковый ракетный комплекс 9К111 «Фагот» предназначался для поражения визуально видимых неподвижных и

движущихся со скоростью до 60 км/ч целей на дальностях до 2 км. Первоначально комплекс был предусмотрен как носимый. В его состав входили противотанковая управляемая ракета 9М111; складная переносная ПУ 9П135 (9П135М) с аппаратурой управления 9С451, прибором наведения ракеты 9Ш119М1 и механизмом пуска 9П155 на универсальном станке 9П56 (9П56М); ЗИП; проверочная аппаратура и другая вспомогательная техника.

На рис. 3.12 представлена ракета 9М111 в транспортно-пусковом контейнере (ТПК) и вне его. Она выполнена по схеме «утка», что позволило удалить рули управления на наибольшее расстояние от центра масс. Это в свою очередь привело к уменьшению их геометрических размеров, а также снижению мощности и массогабаритных параметров рулевых машинок. За рулевым блоком размещается усиленная кумулятивная БЧ, которая может пробить броню толщиной 500 мм. Чтобы рулевой блок ракеты не мешал движению кумулятивной струи, он в момент удара ракеты в броню сдвигается вбок относительно её оси. За боевой частью ракеты размещается ракетный двигатель, представляющий собой единую разгонно-маршевую установку однокамерного типа. Сочетание РДТТ с газогенератором (вышибной двигательной установкой) обеспечивает точный вывод ракеты в поле зрения аппаратуры управления её полетом. Скорость выхода ракеты из ТПК 75 м/с. В этом комплексе используется полуавтоматическое наведение ракеты на цель. После старта ракета стабилизируется вращением за счет косопоставленных крыльев и управляется отклонением носовых рулей по сигналам наземной аппаратуры 9С451, передаваемым с ПУ по проводной линии связи. Катушка с проводом и лампа-фара с зеркальным отражателем установлены в хвостовой части ракеты.

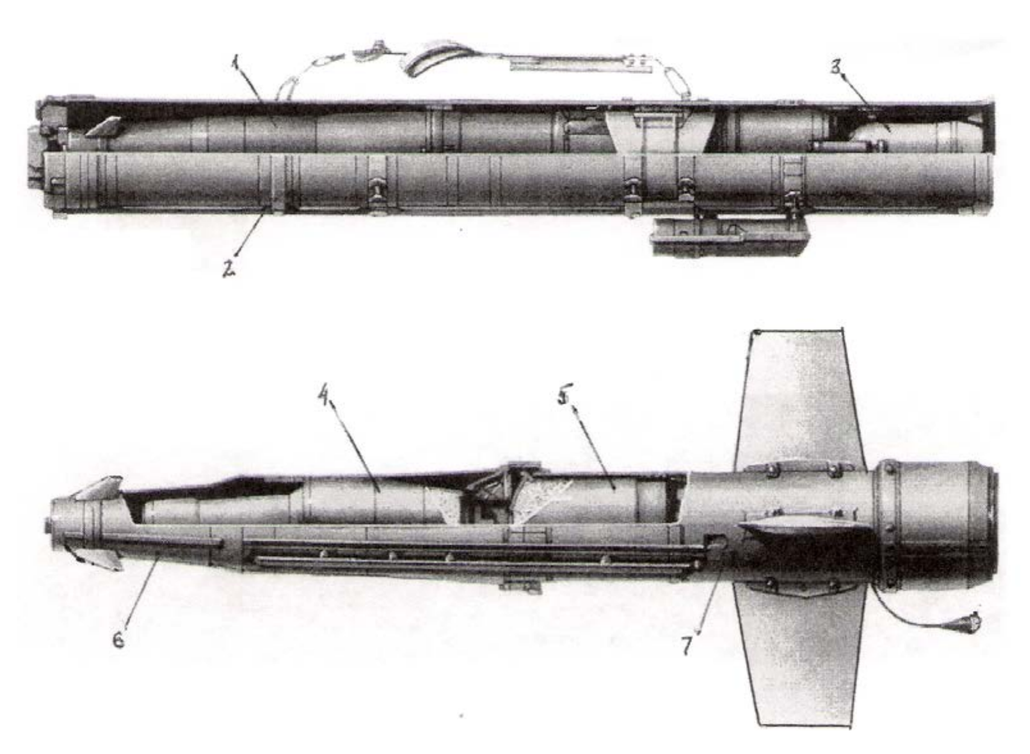


Рис. 3.12. Противотанковая управляемая ракета 9М111 в ТПК и в полете: *1* – ракета 9М111; *2* – транспортно-пусковой контейнер; *3* – стартовый газогенератор; *4* – боевая часть; *5* – двигатель; *6* – отсек приводов управления; *7* – аппаратный отсек

В основу наведения ракеты 9Ш119М1 положено управление с использованием электромеханических пеленгаторов с двумя каналами, грубым и точным, работающих по принципу тепловизоров. Грубый широкополосный канал служит для управления полетом ракеты на начальном участке траектории и вывода её на линию визирования, точный канал следит за сигналом лампы-фары (трассера) и удерживает ракету на линии визирования. В состав системы управления входят также гироскопическое устройство, аппаратура приема команд, поступающих по проводной линии связи. Представляет определенный интерес конструкция крыльев ракеты, которые в ТПК находятся в свернутом состоянии. Благодаря тому что каждое крыло состоит из двух разнесенных друг от друга тонких листов из нержавеющей стали, эти крылья по выходе из контейнера сами раскрываются под действием сил упругости. Обычные трассеры (как у ПТРК «Малютка») заменены на лампу-фару в связи с тем, что обычный трассер часто пережигал провода, по которым на ракету посту-

пали команды управления полетом. При срабатывании вышибной установки отражатель и лампа защищаются створками, раскрываемыми после выхода ракеты из контейнера. С другой стороны, горячие газы газогенератора используются для прогрева зеркала отражателя при его запотевании. В случае боевого применения оператор совмещает перекрестие визира с центром силуэта танка, нажимает на спусковой крючок, все последующие операции: выход аппаратуры на режим, открытие крышек контейнера, старт ракеты – происходят автоматически.

Пусковая установка 9П135 (9П135М) представляет собой легкий треножный станок с шарнирными коленчатыми опорами и ручками для переноски (рис. 3.13). Станок состоит из треноги, вертлюга, подъемного и поворотного механизмов. Винтовой подъемный механизм обеспечивает угол вертикального наведения в пределах ± 20°. Поворотный механизм допускает круговой обстрел. Конструкция опор позволяет регулировать высоту линии огня и допускает складывание ПУ в ограждение вертлюга, люльки, прицела и прибора управления и защищает конструкцию от механического воздействия. Для ПУ разработан простой редуктор, обеспечивающий легкое и плавное наведение на цель в двух режимах: быстром и медленном. ПУ динамически сбалансирована при стрельбе с любой поверхности (земля, снег и др.). Транспортно-пусковой контейнер представляет собой трубу из стекловолокна со съемными задней и передней крышками (рис. 3.14).

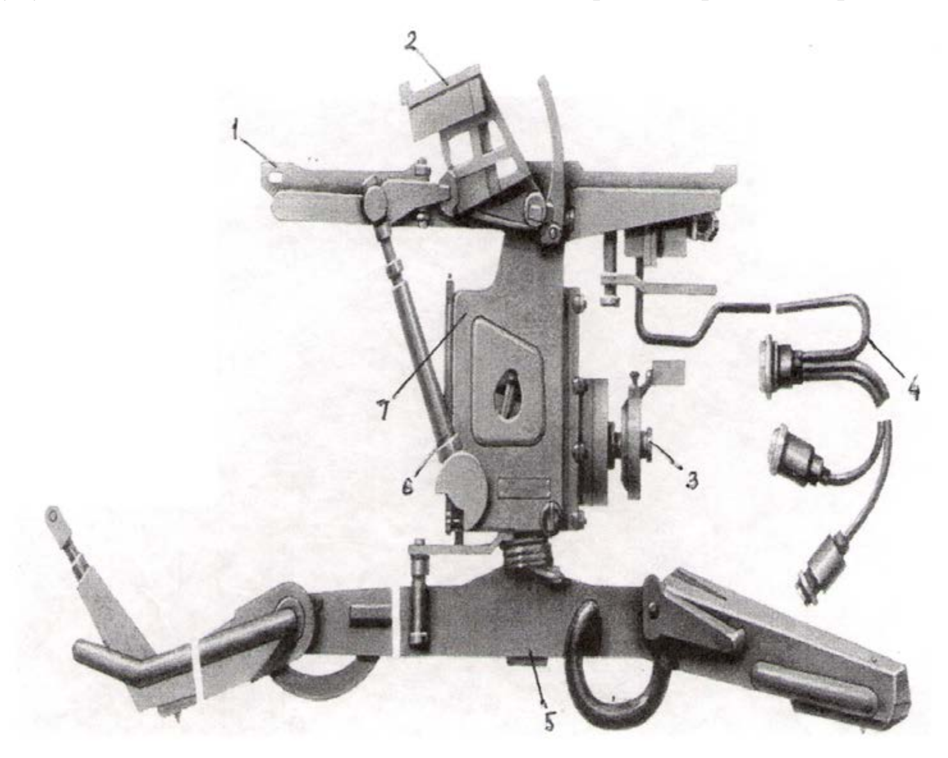


Рис. 3.13. Унифицированный станок 9П56 для ТПРК 2-го поколения разработки КБП: *1* – ложемент для транспортно-пускового контейнера; *2* – узел крепления аппаратуры наведения; *3* – механизм наведения; *4* – кабели; *5* – тренога; *6* – подъёмный винтовой механизм; *7* – вертлюг

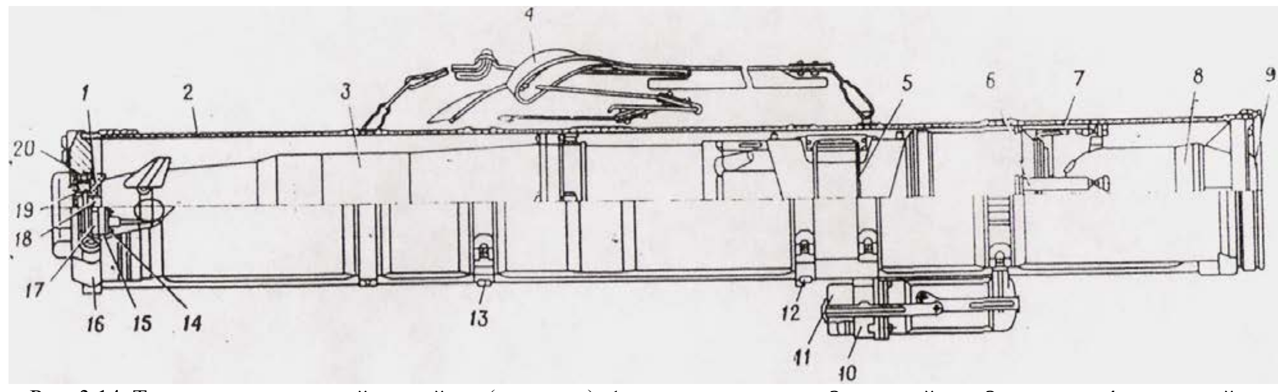


Рис. 3.14. Транспортно-пусковой контейнер (в разрезе): *1* − колодка разъема; *2* − контейнер; *3* − снаряд; *4* − плечевой ремень; *5* − хомут; *6* − опорный стакан; *7* − пружина; *8* − вышибная двигательная установка; *9* − задняя крышка контейнера; *10* − розетка разъема; *11,19* − заглушки; *12* − задний зацеп контейнера; *13* − передний зацеп контейнера; *14* − гайка; *15* − колодка разъема снаряда; *16* − передняя крышка контейнера; *17* − колодка разъема контейнера; *18* − розетка разъема; *20* − винт

Пусковые установки этого комплекса применяются на легкобронированной технике: БМП-2 и БМД-2 (рис. 3.15). В машинном варианте угол вертикального наведения пускового устройства 9П135 от -5° до +15°. Число ПТУР – 4 ед.

Переносной комплекс прост в эксплуатации, относительно легок и может переноситься расчетом из двух человек. Вес вьюка командира расчета с пусковой установкой 22,5 кг. Второй номер расчета переносит вьюк весом 26,85 кг с двумя ракетами в ТПК (рис. 3.16).

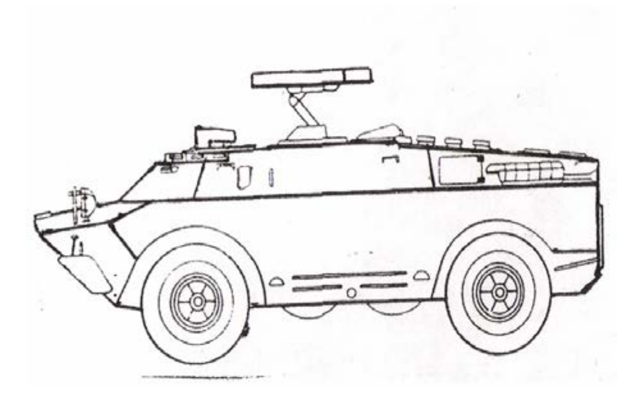


Рис. 3.15. Боевая машина 9П148 с ПТРК «Фагот»

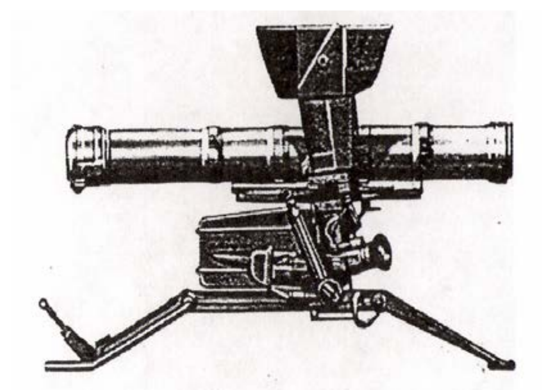


Рис. 3.16. Переносной ПТРК 9К111 «Фагот»

Недостатком комплекса является возможность поражения цели только при условии её визуального наблюдения.

22 сентября 1970 г. ракетный комплекс «Фагот» был принят на вооружение. Модернизированный образец получил название 9К111М «Фактория». Комплекс спроектирован в КБП, а его производство ведется на Ковровском заводе. Система управления ракетой 9М111М полуавтоматическая с передачей команд по проводам. Дальность стрельбы увеличена до 2500 м. Средняя скорость полета 180 м/с. Пуск производится из ТПК, масса которого с ракетой составляет 12,9 кг. Рассмотренные ПТРК «Фагот» и «Фактория» были противотанковыми средствами батальонного уровня. Их основные ТТХ приведены в табл. 13.

Т а б л и ц а 13

ТТХ ПТРК 9К111 «Фагот» с ПТУР 9М 111 (9М111-2)/ 9М111М

ТТХ	ПТУР 9М111	ПТУР 9М111М
Стартовая масса ПТУР, кг	7,7	8,0
Длина ПТУР, мм	863	910
Диаметр ПТУР, мм	119	120
Размах крыльев, мм	354	369
Максимальная дальность стрельбы, м	2000	2500
Минимальная дальность стрельбы, м	70	
Начальная скорость полета, м/с	около 75 - 80	
Средняя скорость полета, м/с	186	177
Максимальная скорость полета, м/с	около 240	
Время полета на максимальную дальность, с	11	13,2
Масса боевой части, кг	1,76	2,5
Масса заряда ВВ, кг	1,0	-
Максимальная бронепробиваемость, мм	460	600
Максимальная высота применения над уровнем моря, м	3000	
Диапазон температур боевого применения, °С	от -50 до +50	
Размеры в боевом положении ПУ 9П135 (9П135М)	1090 × 770 × 670 (1100 × 770 × 707)	
Масса ПУ 9П135	22,5	
Время перевода из походного положения в боевое	менее 1 мин	
Скорострельность, выстрел/ мин	3	
Углы наведения по горизонтали, град	360	
Углы наведения по вертикали, град	от -20 до +20	
Максимальная скорость поражаемых целей, км/ч	60	
Система управления	Полуавтоматическая с передачей команд по проводам	
Масса ПТУР в ТПК, кг	12,9	13,2
Длина ТПК ПТУР 9М111, мм	1098	-
Поперечные габаритные размеры ТПК, мм	150 ×205	150 ×205

3.3.2. ПТРК 9К113 «Конкурс»

ПТРК 9К113 «Конкурс» был разработан в КБ приборостроения (г. Тула) в соответствии с постановлением СМ СССР № 30 от 4 февраля 1970 г. и предназначался для использования в мотострелковых полках и дивизиях.

В настоящее время он состоит на вооружении многих стран (Афганистан, Болгария, Венгрия, Индия, Иордания, Иран, Северная Корея, Кувейт, Ливия, Никарагуа, Перу, Польша, Румыния, Сирия, Финляндия и др.).

В состав комплекса входят противотанковая ракета 9М113; пусковая установка 9П56М (как у ПТРК «Фагот»); аппаратура управления 9С451; прибор наведения ракеты 9Ш119М1; ЗИП; проверочная аппаратура и другая вспомогательная техника.

На рис. 3.17 показана ПТУР 9М113 «Конкурс». Конструктивные решения, положенные в его основу, соответствовали отработанным в ПТРК «Фагот» при увеличенных массогабаритных параметрах ракеты, обусловленных повышением дальности стрельбы и бронепробиваемости. Принятая аэродинамическая компоновка выполнена по схеме «утка». Вращение ракеты в полете обеспечивается косопоставленными крыльями и соплами маршевого двигателя соответственно на 2° и 9° к продольной оси ракеты. Система управления ракетой в полете полуавтоматическая с передачей команд на ракету по проводам. Оператор в процессе полета удерживает перекрестие оптического визира на силуэте танка, при этом ракета автоматически удерживается на линии визирования. Местонахождение ракеты определяется пеленгаторами по инфракрасному излучению лампы-фары. В аппаратурном хвостовом отсеке ракеты размещены катушка с проводом, блок управления координатора, лампа-фара. Блок рулевого привода вынесен вперед к рулевым органам. Координатор 9Б61 представляет собой гироскоп с тремя степенями свободы, который обеспечивает согласование команд управления, вырабатываемых наземной аппаратурой в системе координат пускового устройства, с системой координат вращающейся ракеты. Блок рулевого привода связан с аэродинамическими рулями посредством электромагнитного механизма и управляет полетом ракеты по курсу и тангажу. Лампа-фара является источником инфракрасного светового излучения взаимодействующего с пеленгаторами прибора наведения ракеты, что обеспечивает удержание ракеты вблизи линии визирования. Конструктивно лампа-фара встроена в каркас катушки проводной линии связи. Кумулятивная БЧ скомпонована за блоком рулевого привода, представляет собой самостоятельный отсек и состоит из корпуса, кумулятивного заряда и предохранительно-детонирующего механизма.

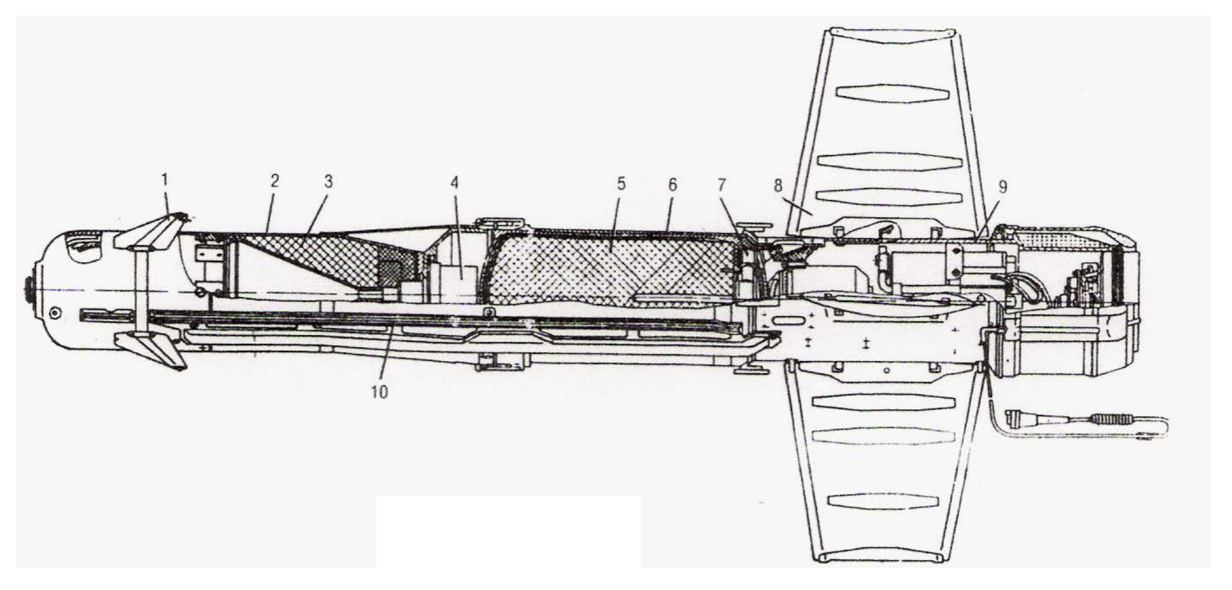
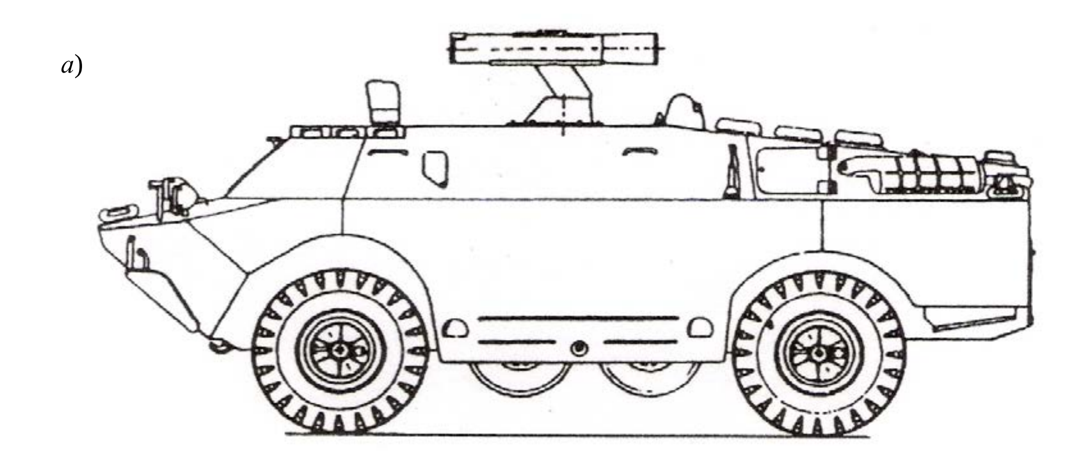


Рис. 3.17. ПТУР 9М113 «Конкурс»: *1* – руль; *2* – корпус; *3* – кумулятивный заряд; *4* – предохранительно-детонирующий механизм; *5* – пороховой заряд; *6* – камера; *7* – электровоспламенитель; *8* – лопасть; *9* – корпус; *10* – лирка

Для стрельбы противотанковыми ракетами 9М113 «Конкурс» на базе БРДМ-2 была создана боевая машина 9П148 (рис. 3.18,*а*). Пакет направляющих ПУ, размещенный на БМ, предусматривает установку пяти противотанковых ракет. На борту в боекомплекте содержится 20 ракет 9М113 или 9М111. Расчет, обслуживающий ПУ, состоит из двух человек и может подзаряжать пусковую

установку без выхода из-за брони. После пуска ракеты стреляный контейнер автоматически сбрасывается с ПУ. ПУ для запуска ПТР «Конкурс» применяются также на БМЭ-3, БМП-1Д и БМП-1П (рис. 3.18,*б*). При стрельбе с ПУ оператор нажимает на пульте кнопку «ПУСК» и электрическое питание напряжением 12 В постоянного тока поступает на электровоспламенители бортового источника питания, второй наземной батареи блока питания и порохового заряда ротора координатора. То же происходит, когда оператор нажимает на спусковой крючок ПУ 9П135М. Через 0,2 с открывается передняя крышка контейнера, срабатывает электровоспламенитель вышибной двигательной установки, вследствие чего активируется пороховой заряд газогенератора. Ракета оставляет ТПК со скоростью на срезе контейнера 64 м/с. На расстоянии 10…15 м от ПУ запускается разгонно-маршевый двигатель ракеты, и её скорость достигает 208 м/с.

а)



б)

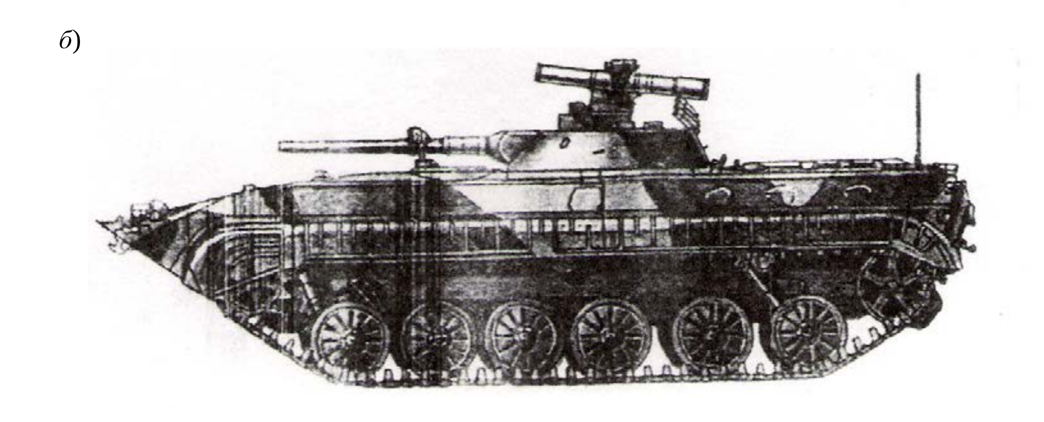


Рис. 3.18. Самоходная ПУ 9П148 на базе БРДМ-2 (*а*) и БМП-1П (*б*) для ПТУР 9М113 «Конкурс»

ПТРК 9К113 «Конкурс» был принят на вооружение в январе 1974 г, в 1975 г. – его модернизированный вариант 9К113М «Конкурс-М». Основные изменения произошли только в конструкции ракеты, где был установлен дополнительный кумулятивный заряд (предзаряд), предназначенный для разрушения динамической защиты танка (рис. 3.19). Кроме этого, в основном кумулятивном заряде увеличено количество взрывчатого вещества, а также применен новый воздушно-динамический привод с лобовым воздухозаборником, обеспечивающий эффективную работу аэродинамических рулей.

В переносном ПУ модернизированного комплекса 9П135П дополнительно установлен тепловизор «Мулат» 1ПН86 с дальностью обнаружения цели до 3,6 км. Получила широкое распространение переносная пусковая установка 9П135, аналогичная принятой для комплекса «Фагот» (рис. 3.20, 3.21). С 1979 г. ПТРК 9К113М начал устанавливаться на БМП-1 вместо ПТРК «Малютка». Основные тактико-технические характеристики комплексов «Конкурс» приведены в табл. 14.

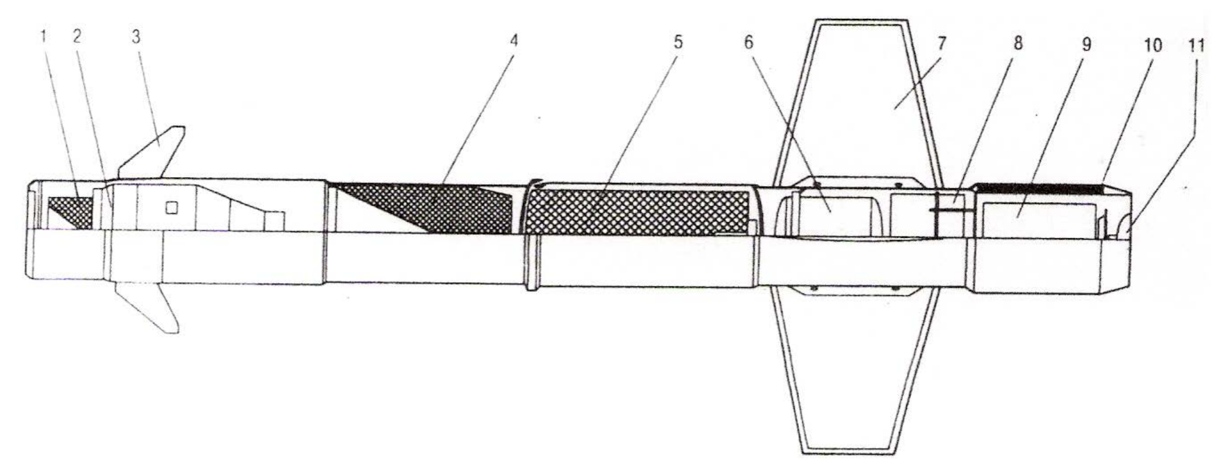


Рис. 3.19. Компоновка ракеты 9М113 М ПТУРС «Конкурс-М»: *1* – предзаряд тандемной БЧ; *2* – воздухосборник; *3* – аэродинамические рули; *4* – основной кумулятивный заряд; *5* – твердотопливный двигатель; *6* – гироскопический блок; *7* – крылья; *8* – электрическая батарея; *9* – блок системы управления; *10* – катушка с проводом; *11* – источник излучения

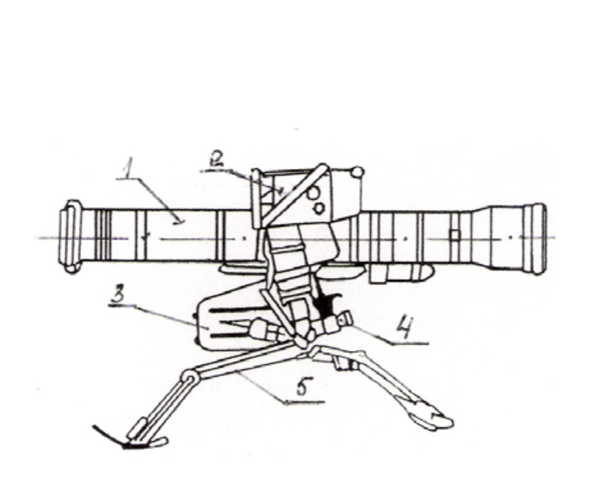


Рис. 3.20. Конструктивная схема переносного ПТРК «Конкурс» с ПТУР 9М113М: *1* – ТПК с ПТУР; *2* – оптический координатор; *3* – наземная аппаратура управления; *4* – прицел; *5* – тренога



Рис. 3.21. Переносной ПТРК 9К113 «Конкурс-М»

Таблица 14

ТТХ комплексов «Конкурс»

ТТХ	9М113	9М113М
Средняя скорость полета, м/с	208	250
Габаритные размеры ракеты, мм: диаметр длина размах крыльев	 135 1165 468	 135
Размеры контейнера, мм: длина ширина высота	 1260 188 230	 1263
Масса ракеты, кг: в ТПК без ТПК	 25 14,5	 26,8
Масса БЧ, кг	2,7	Тандемная
Бронепробиваемость, мм: под углом 60° под углом 90°	 250 600	 670 800
Дальность стрельбы, м	74-4000 (3500 ночью)	75-4000 (3500 ночью)
Система наведения	По проводам	По проводам
Скорострельность, выстрел/мин	2-3	2-3

3.3.3. ПТРК 9К115 «Метис»

В 1978 г. Тульским КБ приборостроения был создан легкий переносной ПТРК 9К115 (116) «Метис», который обеспечивал огневую поддержку против БТТ на ротном уровне. Предназначался для поражения танков с динамической защитой, ДОТов, ДЗОТов, живой силы и низколетящих вертолетов (рис. 3.22).

В состав комплекса входят противотанковые ракеты с основной и тандемной кумулятивными боевыми частями; переносная пусковая установка на треножной опоре 9П151 с аппаратурой управления и механизмом пуска на станке; ЗИП; проверочная аппаратура и другая вспомогательная техника.

В рассматриваемом ракетном комплексе широкое применение нашла противотанковая ракета 9М116, состоящая из рулевого отсека, кумулятивной БЧ, двигательной установки и аппаратурной части (рис. 3.23).

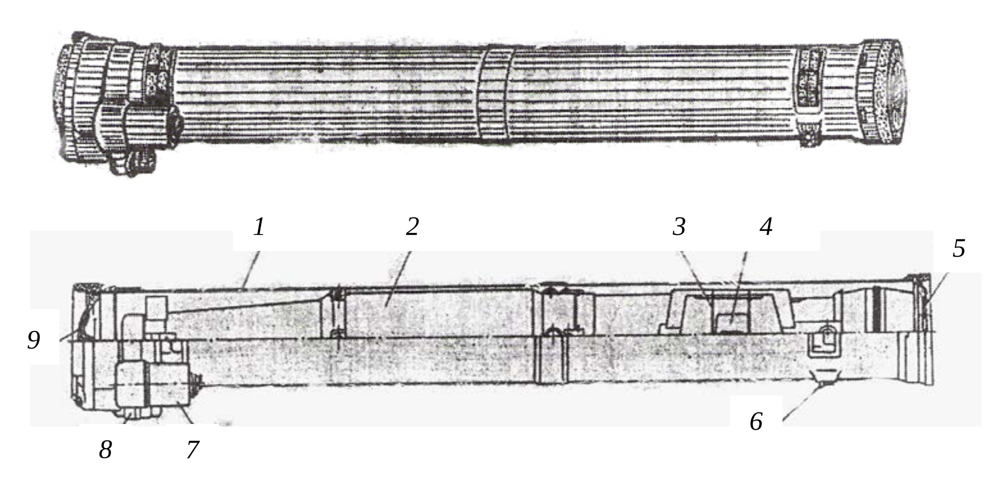


Рис. 3.22. ПТРК 9М115 «Метис-М»: *1* – контейнер; *2* – ракета 9М116; *3* – стяжка; *4* – флажок; *5* – крышка задняя; *6* – зацеп; *7* – стакан; *8* – розетка; *9* – крышка передняя

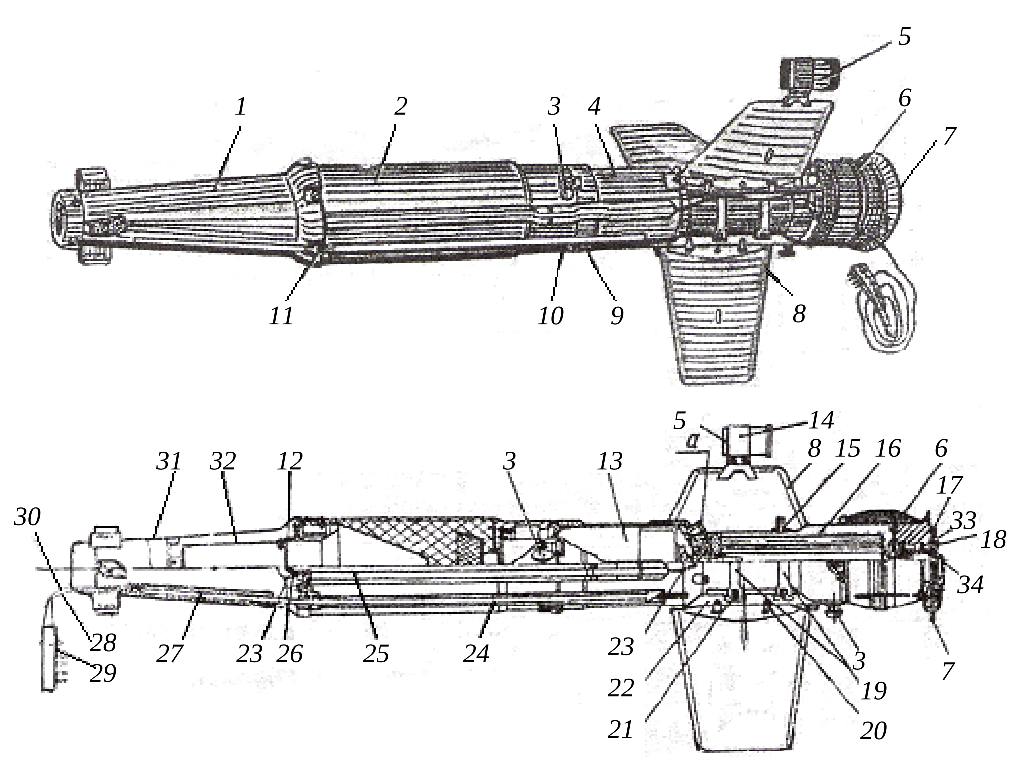


Рис. 3.23. Ракета 9М116: *1* – блок рулевого привода; *2* – боевая часть; *3* – винт; *4* – двигатель; *5* – трассер; *6* – катушка; *7* – опорное кольцо; *8* – стабилизатор; *9* – накладка; *10, 11* – винты; вид в разрезе: *12* – провод; *13* – камера разгонно-маршевая; *14* – хомутик; *15* – штуцер; *16* – камера стартовая; *17* – накладка; *18* – винт; *19* – хомут; *20* – скоба; *21* – винт; *22* – опора; *23* – обтекатель; *26* – провод; *27* – лирка; *28* – трос; *29* – вилка; *30* – жгут; *31* – конус; *32* – конус верхний; *33* – плата; *34* – гайка; *а* – сопло

Аэродинамическая схема ракеты – «утка». В рулевом отсеке (рис. 3.24) находятся исполнительные органы управления полетом по тангажу и курсу. Здесь впервые был применен воздушно-динамический рулевой привод открытого типа, использующий давление воздуха набегающего воздушного потока для перемещения коробчатых аэродинамических рулей.

Боевая часть кумулятивного действия (рис. 3.25), предназначенная для поражения бронированных целей, выполнена в виде самостоятельного блока, расположенного между рулевым отсеком и двигательной установкой. Состоит из корпуса, контактного устройства, кумулятивного заряда и предохранительно-детонирующего механизма (ПДМ). ПДМ, донный, электромеханический, предохранительного типа мгновенного действия, с дальним взведением и самоликвидацией, предназначен для подрыва кумулятивного заряда БЧ при встрече ракеты с преградой. Контактное устройство обеспечивает замыкание электрической цепи электродетонатора ПДМ в момент встречи ракеты с целью. Кумулятивный заряд состоит из взрывчатого вещества (окфол), воронки, линзы, прокладки и предназначен для формирования кумулятивной струи. При попадании ракеты в цель верхний и нижний конусы соприкасаются, замыкая электрическую цепь, электродетонатор срабатывает, подрывает заряд ПДМ, что приводит к взрыву кумулятивного заряда.

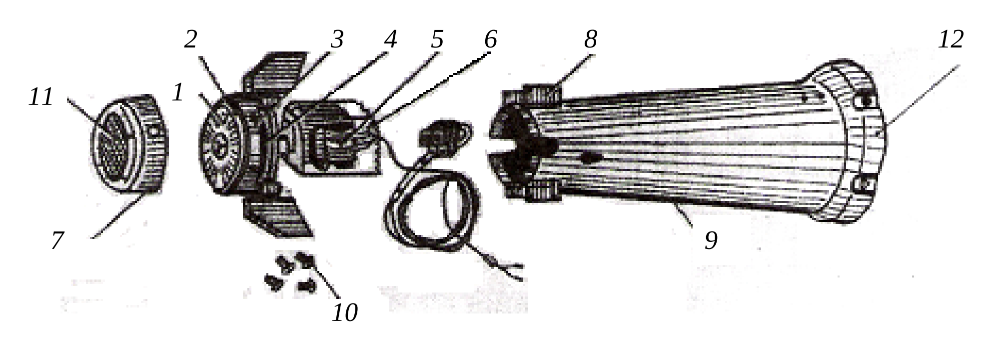


Рис. 3.24. Блок рулевого привода (внешний вид): *1* – диск подвижный; *2* – диск неподвижный; *3* – основание; *4* – чашка; *5* – магнит управляющий; *6* – кожух; *7* – колпак; *8* – дестабилизатор; *9* – конус; *10* – винт; *11* – сетка фильтрующая; *12* – выступ

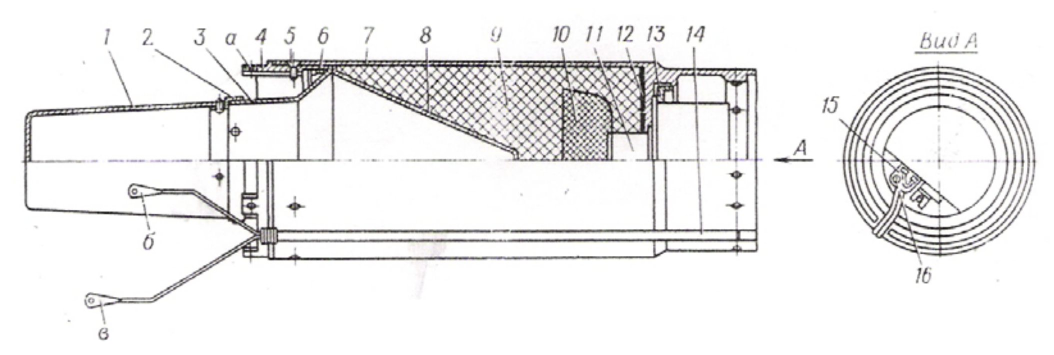


Рис. 3.25. Кумулятивная боевая часть 9М116: *1* – верхний конус; *2* – изоляционное кольцо; *3* – нижний конус; *4* – переходное кольцо; *5,16* – винты; *6* – поджимное кольцо; *7* – стакан; *8* – воронка; *9* – взрывчатое вещество; *10* – линза; *11* – предохранительно-детонирующий механизм; *12* – прокладка; *13* – поджимная гайка; *14* – провода; *15* – розетка; *а* – резьбовое отверстие; *б, в* – лепестки

Твердотопливный ракетный двигатель обеспечивает старт ракеты и необходимую скорость полета. Двигатель (рис. 3.26) состоит из стартовой и разгонно-маршевой камер и имеет три режима работы: стартовый, разгонный и маршевый. Для запуска ТПК с ракетой должен быть установлен и зафиксирован на пусковом устройстве, электрическая розетка на контейнере должна быть состыкована с вилкой ПУ. После наведения на цель производится нажатие на спусковой крючок взведенного механизма пуска ПУ, вследствие чего ударник механизма пуска наносит удар по бойку на батарее питания. Батарея активируется. Срабатывает электрозапал передней крышки ТПК, которая сбрасывается вперед–вправо–вверх. Одновременно с наземной аппаратуры управления (НАУ) ПУ подается напряжение на воспламенение стартового заряда ракетного двигателя.

Истекающие из сопл газы выбрасывают из ТПК заднюю крышку, воспламеняя при этом пиротехнический состав трассера и лучевой воспламенитель замедленного действия. Под действием тяги стартовой ступени ракетного двигателя ракета 9М116 вылетает из контейнера. От стартовой перегрузки включается предохранительно-исполнительный механизм БЧ, по выходе из ТПК под действием сил упругости консоли стабилизатора занимают штатное положение, трассер фиксируется на концевой кромке стабилизатора. После удаления ракеты от ПУ на расстояние 4 м лучевой воспламенитель замедленного действия включает в работу разгонно-маршевую ступень ракетного двигателя. При соприкосновении с целью носовая часть ракеты деформируется, срабатывают ПИМ, ПДМ, происходит подрыв кумулятивного заряда. Образовавшаяся кумулятивная струя поражает цель.

Комплекс имеет полуавтоматическую систему управления полетом ракеты без гироскопических устройств с передачей команд по проводам. Для нормального функционирования системы управления линия визирования НАУ должна быть постоянно направлена на цель. Это достигается непрерывным слежением НАУ за инфракрасным излучением трассера, которая автоматически определяет координаты ракеты и его угол крена. Выработанные команды управления полетом, переданные по проводам, отрабатываются исполнительными органами управления.

В середине 1990-х гг. комплекс был модернизирован. ПТУР «Метис-М» (9М131) имеет тандемную кумулятивную боевую часть и увеличенный калибр до 127 мм. Воздушно-динамический привод полуоткрытого типа заменил открытый вариант (рис. 3.27). Увеличение калибра позволило заменить коробчатые аэродинамические рули на расположенные в одной плоскости монопланные. Дальность стрельбы возросла с 1000 до 1500 м, а бронепробиваемость – с 460 до 800 мм.

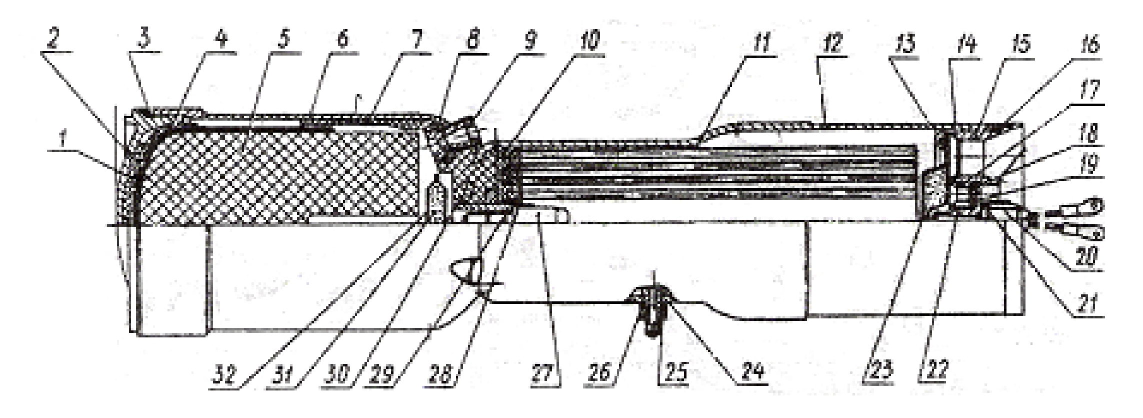


Рис. 3.26. Твердотопливный двухрежимный ракетный двигатель: *1* – прокладка; *2* – крышка; *3* – кольцо уплотнительное; *4* – опора; *5* – заряд разгонно-маршевый; *6* – камера разгонно-маршевая; *7* – экран; *8* – вкладыш; *9* – заглушка; *10* – поддон; *11* – заряд стартовый; *12* – камера стартовая; *13* – винт; *14* – колпачок; *15* – блок сопловой; *16* – прокладка; *17* – вкладыш; *18* – кольцо; *19* – мембрана; *20* – электровоспламенитель; *21* – прокладка; *22* – ниппель; *23* – воспламенитель; *24* – штуцер; *25* – колпачок; *26* – кольцо; *27* – воспламенитель лучевой замедленного действия; *28* – гайка; *29* – прокладка; *30* – втулка; *31* – воспламенительный состав; *32* – воспламенитель

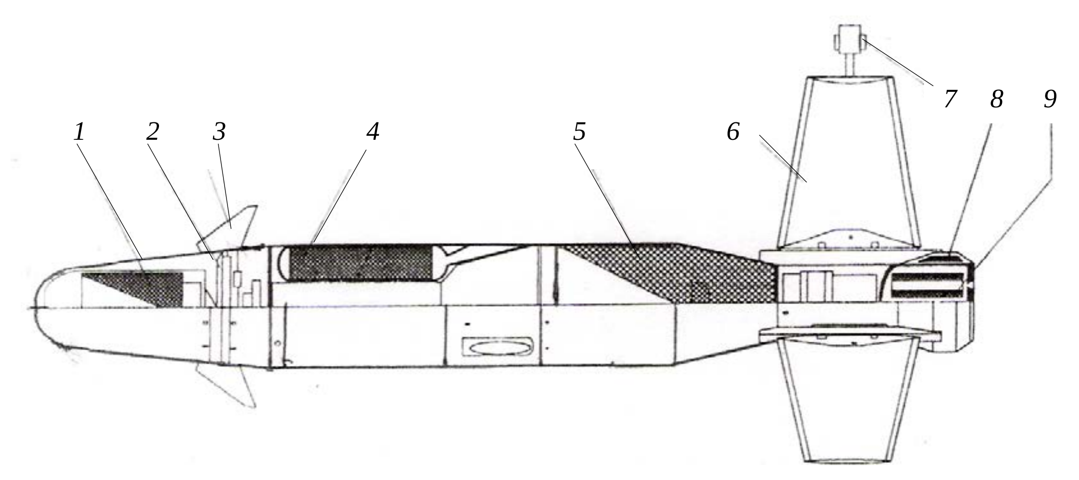


Рис. 3.27. Компоновочная схема модернизированной ракеты 9К115 «Метис-М»: *1* – предзаряд тандемной БЧ; *2* – воздухосборник; *3* – аэродинамические рули; *4* – твердотопливный двигатель; *5* – основной кумулятивный заряд; *6* – крылья; *7* – трассер; *8* – катушка с проводом; *9* – стартовый двигатель

Пусковая установка (рис. 3.28) снабжена складной треногой, маховиками наведения и пусковым механизмом с флажковым предохранителем. Контейнер с ракетой устанавливается над прицелом. ПУ имеет относительно большой угол наведения в вертикальной плоскости ±15°, в горизонтальной плоскости 360° с помощью механизмов наведения (ВН ±5°, ГН ±30°). Старт ракет «Метис-М» может быть произведен с обычной ПУ, а также с модернизированной, на которой установлен инфракрасный прицел «Мулат-115» с дальностью обнаружения объектов до 3,5 км. Носимый боекомплект ПТРК «Метис» состоит из ПУ и четырёх ракет. Обслуживается расчетом из двух человек. Основные ТТХ приведены в табл. 15.

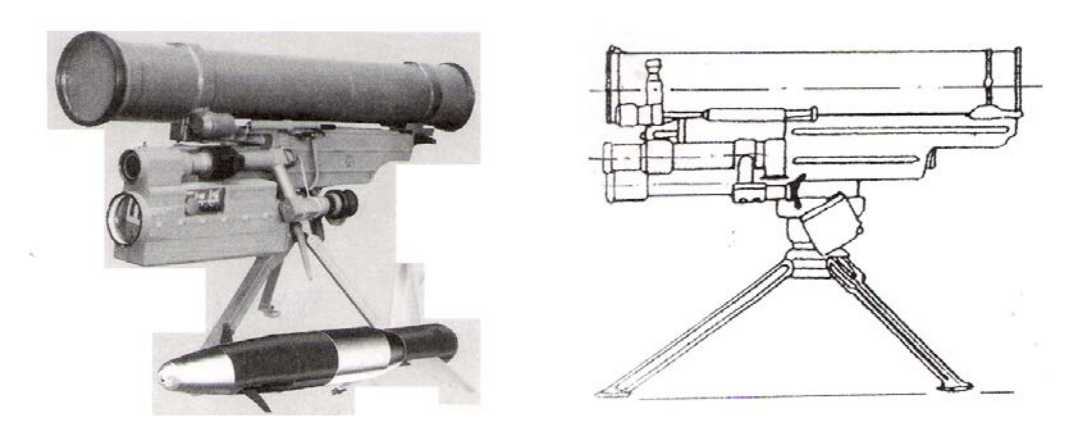


Рис. 3.28. Переносной противотанковый ракетный комплекс 9К115-2 «Метис-М»

Таблица 15

Тактико-технические характеристики комплекса «Метис»

ТТХ	ПТРК «Метис»	Пусковая установка	ПТУР 9М115	ПТУР 9М131
Дальность стрельбы, м	40 - 1000			
Скорострельность, выстр/мин	3 - 5			
Вероятность попадания в танк	0,91-0,98			
Число ракет в комплексе	4			
Боевой расчет, чел.	2			
Время перевода в боевое положение, с	12			
Масса ПУ, кг		10,0		
Размеры в боевом положении, м:				
длина		0,815	–	–
ширина		0,4		
высота		0,72		
Размеры в походном положении, м:				
длина		0,76		
ширина		0,225		
высота		0,275		
Углы наведения, град:				
по горизонтали		±30°		
по вертикали		±5°		
Дальность полета, м			40 – 1000	250 - 1500
Время полета на максимальную дальность, сек			6	-
Средняя скорость полета ракеты, м/с			180	180
Максимальная скорость полета ракеты, м/с			223	-
Скорость вращения снаряда в полете, об./мин			7 - 12	-
Размеры ракеты, мм:				
калибр			93	127
длина			730	-
размах крыльев			370	-
Размеры контейнера, мм:				
длина			784	-
ширина			138	-
высота			145	-
Масса ракеты в ТПК, кг			6,3	-
Масса ракеты без ТПК, кг			4,8	-
Боевая часть			Кумулятивная	Тандемная кумулятивная
Бронепробиваемость, мм:				
под углом 0°			500-550	800
под углом 60°			250	после ДЗ

3.3.4. ПТРК «Корнет»

В конце XX в. специалистами Тульского КБП был создан ПТРК «Корнет» для замены прежних комплексов «Фагот» и «Конкурс», находящихся на вооружении российской армии. ПТРК «Корнет» предназначен для поражения современной и перспективной бронетанковой техники, оснащенной динамической защитой, фортификационных сооружений, живой силы противника, малоскоростных воздушных, надводных целей в любое время суток, сложных метеоусловиях, при наличии пассивных и активных оптических помех.

В состав ракетного комплекса «Корнет» входят ПТУР 9М133 в герметичном транспортно-пусковом контейнере (рис. 3.29) и пусковая установка на треножном станке с оптическим прицелом, тепловизионным прицелом и аппаратурой наведения/управления

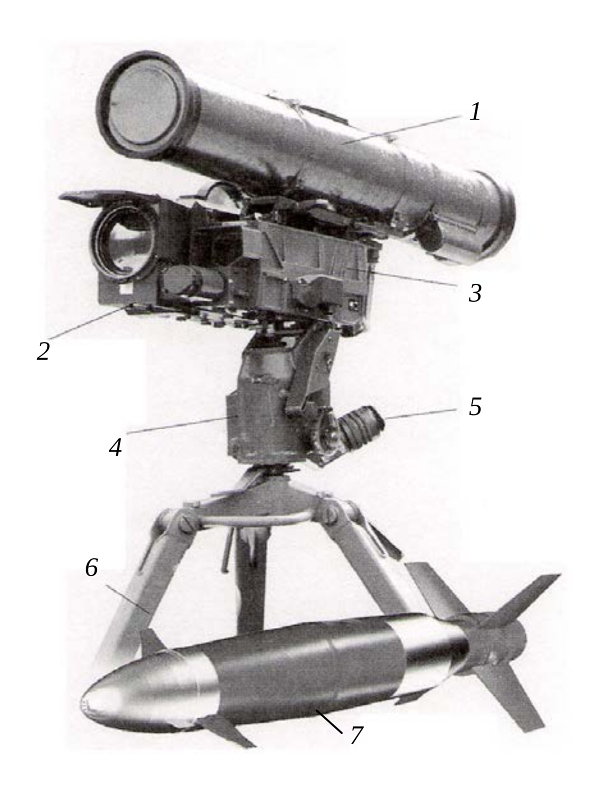


Рис. 3.29. Общий вид ПТУР «Корнет»: *1* – ТПК; *2* – тепловизионный прицел; *3* – аппаратура наведения/управления; *4* – электробатарея; *5* – оптический прицел; *6* – опора; *7* – ракета

Тактико-технические данные комплекса «Корнет»

Калибр ракеты, мм	152
Длина ракеты, мм	1200
Длина контейнера, мм	1210
Масса ВВ, кг	4,6
Масса ракеты, кг	11,0
Вес ракеты в контейнере, кг	29,0
Дальность стрельбы, м:	
днем: максимальная	5500
минимальная	100
ночью: максимальная	3500
минимальная	100
Масса выносной ПУ, кг	20/26*
Скорострельность, выстр./мин	2 – 3
Время перехода из походного положения и обратно, мин	1
Толщина пробиваемой по нормали брони, мм	1000

Ограниченные массогабаритные параметры ПТРК «Корнет» позволяют переносить, монтировать оборудование вручную, устанавливать его на бронированных машинах, автомобилях типа «Джип», на грунте, на треножном станке. Эксплуатационные испытания комплекса с подготовленных и неподготовленных позиций (в том числе на песке, солончаках, болотистой местности, на побережье и над водной поверхностью) показали, что система является надежной, простой в эксплуатации и позволяет провести быстрое обучение операторов (всего 2-3 ч), выполнить быстрый перевод из походного положения в боевое и обратно (1 мин), подготовить ракету и произвести пуск (около 1,2 с), действовать в широком диапазоне температур (от -50°С до +50°С), вести эффективную стрельбу на высотах от 0 до 3000 м.

ПТУР при хранении и эксплуатации не требует специального техобслуживания в течение 10 лет. На рис. 3.30 приведена компоновочная схема ракеты 9М133. Аэродинамическая схема – «утка», но кумулятивный предзаряд установлен перед рулевым блоком. ПТУР является многоцелевой, так как БЧ может быть тандемной кумулятивной для борьбы с БТТ, а также фугасно-зажигательной (термобарической) для поражения широкой номенклатуры целей. В центральной части ракеты размещен твердотопливный маршевый двигатель, затем основная кумулятивная БЧ, после нее стартовый двигатель, а за ней блок аппаратуры и приемник лазерного излучения. В этом комплексе отсутствуют провода, по которым в предыдущих комплексах передавались команды на изменение траектории полета ракеты. Оператор обнаруживает через прицелы цель, совмещает перекрестие прицела с силуэтом танка и сопровождает его до тех пор, пока ПТУР не попадет в нужную точку цели. ПТУР летит по лазерному лучу, который излучается аппаратурой ПУ и отклоняется в соответствии с перемещением цели. Использование лазерно-лучевой системы управления с большим энергетическим потенциалом и тепловизионного прицела обеспечивает практически полную защищенность от активных и пассивных оптических помех (дымовые завесы). Высокая защищенность от активных помех со стороны противника достигается за счет того, что фотоприемное устройство ракеты обращено в сторону ПУ. При применении боевых дымовых завес оператор наблюдает цель в тепловизионный прицел, а принцип «вижу–стреляю» реализуется за счет высокого энергетического потенциала лазерно-лучевого канала управления. Кодирование лазерного излучения позволяет другим ПТРК вести перекрестную стрельбу по разным целям или одновременно по одной, наиболее опасной.

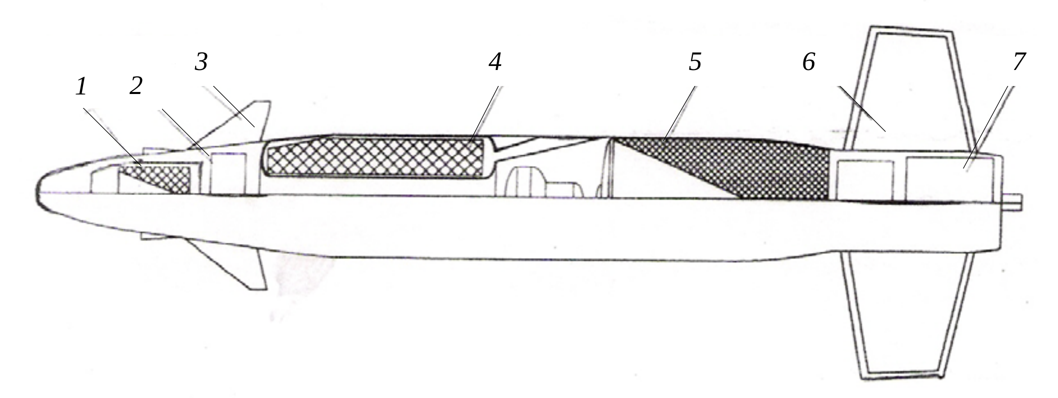


Рис. 3.30. Компоновочная схема ракеты комплекса «Корнет»: *1* – предзаряд тандемной БЧ; *2* – воздухосборник; *3* – аэродинамические рули; *4* – твердотопливный двигатель; *5* – основной кумулятивный заряд; *6* – крылья; *7* – аппаратура приема лазерного излучения

Конструкция ПУ позволяет устанавливать их на различных транспортных средствах. На рис. 3.31 показано, что это может быть осуществлено на автомобилях УАЗ-469, внедорожнике «Тигр» (типа «Хаммер»), БМП-3, БТР-80 и др. В переносном варианте возможна его транспортировка двумя членами расчета. Во вьюке №1 размещаются ПУ и тепловизионный прицел, во вьюке №2 – два контейнера с ракетами.



а *б*

в *г* *д*

Рис. 3.31. Транспортные средства ПТРК «Корнет»: *а* – УАЗ-469, *б* – внедорожный а/м «Тигр», *в* – БМП-3, *г* – БТР-80, *д* – а/м «Тигр»

3.3.5. ПТРК ЗУБ К14 «Рефлекс»

В начале 1970-х годов зарубежная военно-техническая пресса сообщила о поступлении на вооружение стран НАТО ПТУРов, выстреливаемых из ствола танковой пушки. Имелся в виду американский танк М60А2, оснащенный ракетой «Шилейлла». Во французской и западногерманской армиях появилась ракета «Акра», приспособленная для запуска из ствола танкового орудия.

В соответствии с постановлением правительства СССР от 30.10.1981 г. было принято решение о создании противотанковых ракет, которые могли бы выстреливаться из ствола танковой пушки. Такая стрельба по сравнению со стрельбой артиллерийскими снарядами была более эффективна на дистанциях свыше 2…2,5 км. Помимо этого, важным преимуществом танковых пушек являлось наличие стабилизаторов, устройств, удерживающих ствол пушки в неизменном пространственном положении при движении танка по пересеченной местности, что благоприятно влияло на точность стрельбы. Другим важным преимуществом стрельбы ПТУР-ами является практически отсутствующий износ канала ствола по сравнению со стрельбой артиллерийскими снарядами. Важной особенностью комплексов, стреляющих противотанковыми ракетами, является огромная стартовая перегрузка (тысячи g) на все элементы ракеты и особенно на блоки управления, что предъявляло к прочностным характеристикам ракет особо высокие требования. Комплексы размещались на танках Т-55 (калибр 100 мм, унитарный выстрел), танке Т-62 (калибр 115 мм, унитарный выстрел), танке Т-72С (калибр 125 мм, раздельное заряжание), БМП-3 (калибр 100 мм, унитарный выстрел).

В 1983 г. в г. Ковров на заводе им. В.А. Дегтярева начали изготовлять ракету для ПТРК ЗУБ К14 «Рефлекс» калибра 125 мм раздельного заряжания с метательным устройством, приспособленного для пуска из гладкоствольного танкового орудия Т-80У. В состав комплекса 9К119 входят следующие элементы: управляемая ракета 9М119 (рис. 3.32) с метательным устройством, информационный блок 9С516; блок автоматики 9С517; преобразователь напряжения 9С831. Комплекс предназначен для ведения эффективного огня из пушки управляемыми ракетами по танкам и другим бронированным целям противника, а также по малоразмерным целям (ДОТ, ДЗОТ) с места и с ходу при скорости движения носителя до 70 км/ч. Тульским конструкторам удалось существенно снизить массогабаритные показатели ракеты, вписав 9М119 в обводы обычного осколочно-фугасного снаряда ЗВОФ26 для 125-мм пушки.

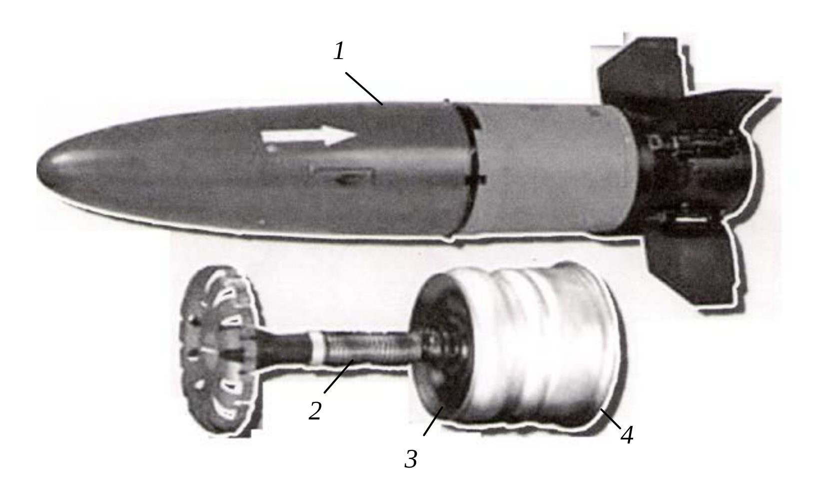


Рис. 3.32. Противотанковая управляемая ракета 9М119 «Рефлекс» с метательным устройством: *1* – ракета 9М119; *2* – подпружиненный досылатель, 3 – поддон; *4* – метательное устройство

Комплекс раздельного заряжания ЗУБ К14 при эксплуатации делится на ракету 9М119 и метательное устройство 9Х949, по габаритам совпадающее с гильзой с зарядом неуправляемого выстрела. Ограничения по перегрузке не позволяли полностью заполнить объем метательного устройства порохом: значительную часть его длины занимал подпружиненный шток с поддоном. Наличие свободного объема благоприятно сказывалось на динамике выброса ракеты из ствола, снижая пиковые значения перегрузки. На рис. 3.33 приведена конструктивная схема ракеты 9М119 с аэродинамической схемой «утка». В носовой части ракеты расположены рулевые органы. Центральное расположение твердотопливного двигателя с передним расположением двух косонаправленных сопл наряду с уменьшением помех устройству приема лазерного излучения обеспечило

минимальный сдвиг центра масс и, соответственно, примерное постоянство динамических характеристик ракеты по мере выгорания топлива. Четыре консоли крыльев, изогнутые по форме корпуса, раскрываются при выходе из ствола под действием пружинных приводов.

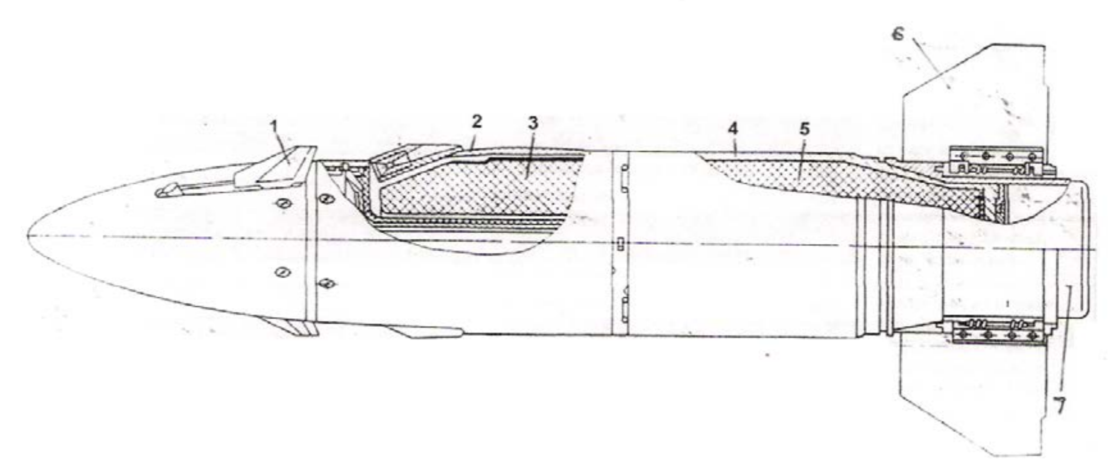


Рис. 3.33. Конструктивная схема ракеты 9М119: *1* – руль; *2* – корпус; *3* – заряд маршевый; *4* – корпус; *5* – кумулятивный заряд; *6* – крылья; *7* – аппаратура приема лазерного излучения

Технические характеристики комплекса ЗУБК14 «Рефлекс»

Калибр, мм	125
Время полета ракеты 9М119 на дальность 5000 м, с	16
Интервал температур боевого применения выстрела ЗУБК14, °С	±50
Дальность стрельбы, м:	
максимальная	5000
минимальная	100
Масса выстрела ЗУБК14, кг:	
ракеты 9М1191	6,5
метательного устройства 9Х949	7,1
Длина выстрела ЗУБК14, мм:	
ракеты 9М119	695
метательного устройства 9Х949	385
Система управления	Полуавтоматическая, помехозащищенная, по лучу оптического квантового генератора

Дальность стрельбы 5000 м, скорость полета 300 м/с, бронепробиваемость 680 мм под углом 60° от нормали к броне. Система управления полуавтоматическая, по лучу лазера. Точность наведения такова, что аттестованный оператор группой из пяти выстрелов попадет в мишень размером с газету. В настоящее время комплекс входит в состав штатного вооружения танков Т-80У, Т-80УД, Т-84, Т-90.

3.3.6. ПТРК ЗУБК20 «Инвар»

Работы по модернизации управляемого ракетного вооружения для 125-мм танковых и противотанковых гладкоствольных пушек начались практически одновременно с принятием на вооружение комплекса «Рефлекс». В результате за счет применения тандемной БЧ для ракеты 9М119М была достигнута бронепробиваемость 750-мм гомогенной броневой стали за динамической защитой. Специалистам из тульского КБП удалось повысить боевые возможности ракеты практически без изменения массогабаритных характеристик нового управляемого комплекса ЗУБК20 «Инвар» по сравнению с ранее созданным ЗУБК14 «Рефлекс» (рис. 3.34).

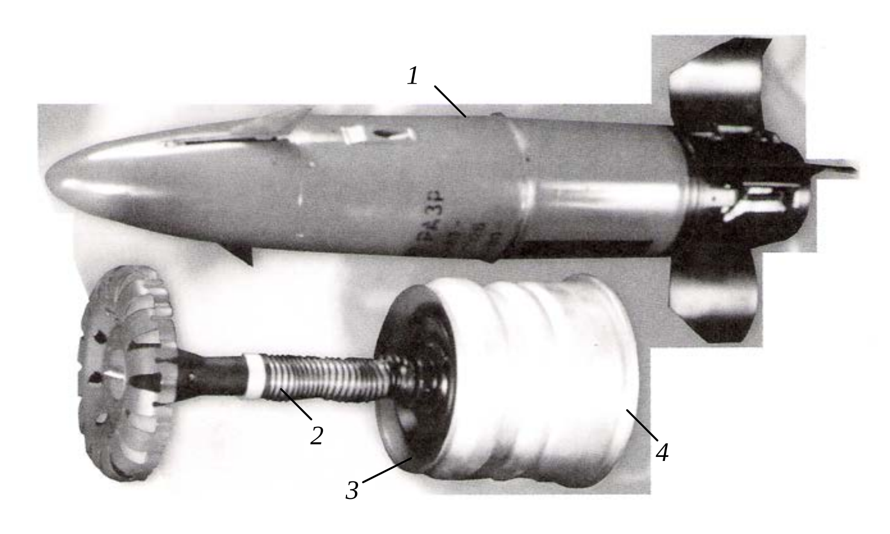


Рис. 3.34. ПТРК ЗУБК20 «Инвар» с управляемой ракетой 9М119М:
1 – ракета; *2* – досылатель; *3* – поддон; *4* – метательное устройство

Тактико-технические данные комплекса ЗУБК20 с ракетой 9М119М

Калибр ракеты 9М119М, мм	125
Длина, мм:	
ракеты 9М119М	695
метательного устройства 9Х949	390
Масса, кг:	
ракеты 9М119М	17,2
метательного устройства 9Х949	17,1
Дальность стрельбы, м:	
максимальная	5000
минимальная	100
Время полета ракеты 9М119М на дальность, с:	
4000 м	12,9
5000 м	17,6

Проведение этих работ было вызвано появлением в 80-х годах прошлого столетия динамической защиты) на зарубежных танках.

ПТРК ЗУБК20 «Инвар» принят на вооружение в 1989 г. Ракета 9М119М с помощью метательного средства выстреливается из 125-мм танковой пушки типа Д-81. Для выстрела используется метательное устройство 9Х949, как и в ПТРК ЗУБК14 «Рефлекс». Конструктивная схема ракеты представлена на рис. 3.35. Аэродинамическая схема – «утка». В носовой части помещен лидирующий кумулятивный заряд 9Н142М.02, предназначенный для разрушения ДЗ. За предзарядом, как обычно, размещается отсек управления, преобразующий электрические сигналы, поступающие с приемника, в механические перемещения аэродинамических рулей. После вылета ракеты из ствола танковой пушки рули раскрываются автоматически.

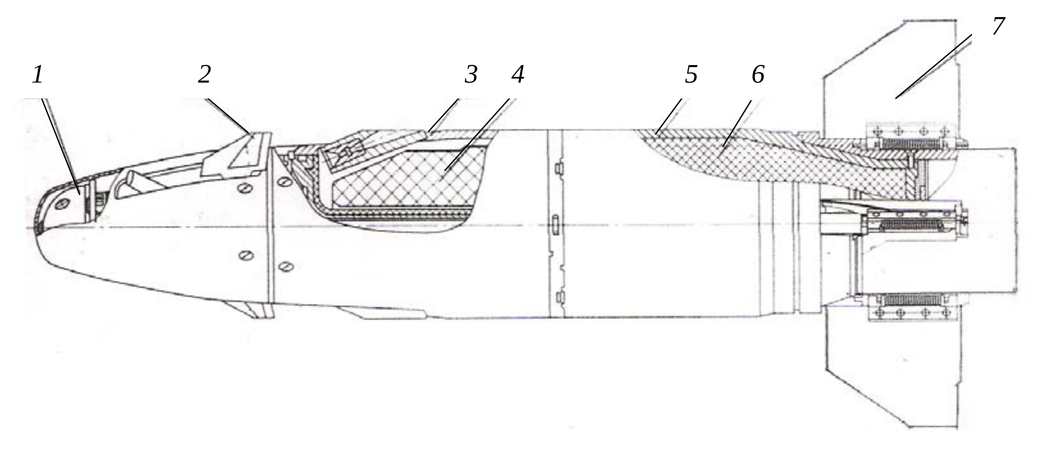


Рис. 3.35. Конструктивная схема ракеты 9М119М: *1* – лидирующий предзаряд; *2* – руль; *3* – корпус; *4* – заряд маршевый; *5* – корпус; *6* – основной кумулятивный заряд; *7* – лопасть

Управление траекторией полета ракеты производится лучом оптического квантового генератора (лазера) танковой аппаратуры управления. В центральной части ракеты расположен маршевый твердотопливный ракетный двигатель, два сопла которого размещены в донной части камеры сгорания под углом к оси ракеты. Основной кумулятивный заряд 9Н142.01 располагается за РДТТ и предназначен для поражения самого танка. В хвостовой части находятся приемник лазерного излучения и лампа, позволяющая следить за полетом ракеты.

Метательное устройство фиксирует ракету в канале ствола, а также упирается своими контактами в ее контакты, замыкая электрическую цепь для передачи сигналов на борт ракеты. В полете ракета вращается. В случае промаха через 28 с происходит ее самоликвидация. Является штатным оружием тех же танков что и ПТРК «Рефлекс».

Тактико-технические данные танковых ПТРК, не рассматриваемых в настоящем пособии, приведены в табл. 16.

Таблица 16

Данные танковых управляемых ракет

ТТХ	9М112 «Кобра»	9М117 «Бастион»	9М117 «Шексна»	9М119 «Свирь»	9М117 «Кастет»
Индекс выстрела	...	ЗУБК10	ЗУБК10-1	ЗУБК14	ЗУБК10
Индекс комплекса	9К112	9К116	9К116-1	9К120	...
Калибр пушки, мм	125	100	115	125	100
Масса выстрела, кг	...	26,6	27,0	23,3	25,0
Масса ракеты, кг	...	...	...	16,5	18,6
Дальность стрельбы, м:					
максимальная	4000	4000	4000	4000	4000
минимальная	100	100	100	100	100
Бронепробиваемость, мм:					
под углом 0°	600	700	700	700	550
под углом 60°	...	...	...	350	...
Система управления	радио-линия	по лучу лазера	по лучу лазера	по лучу лазера	по лучу лазера

3.4. Противотанковые ракетные комплексы для управляемых ракет третьего поколения

В настоящее время в области противотанковой ракетной техники внедряется принцип «выстрелил–забыл», что практически освобождает наводчика-оператора от слежения за целью и ракетой до момента ее попадания в цель. Оператор должен только наложить перекрестие прицела на силуэт танка, нажать кнопку пуска, а все последующие действия до момента попадания ракеты в цель произойдут автоматически без его участия.

В настоящее время имеются технические предпосылки для реализации этих требований. ПТУР оснащаются головками самонаведения (ГСН), которые используют полуактивный лазерный, телевизионный и инфракрасный каналы связи и являются частью автономной системы наведения. Такие ракеты поражают цели на больших удалениях, например, Maverick – до 25 км. Инфракрасные ГСН обладают улучшенными возможностями обнаружения целей в условиях задымления, запыления поля боя, ночью, при использовании маскировки.

Еще более перспективными являются ПТУР, наводимые по лучу лазера. Лазерная лучевая система наведения практически не подвержена помехам, а размещение аппаратуры наведения на ПУ резко снижает стоимость самой ракеты. Примеры зарубежных ПТУР – Marats (Израиль), MAF (Италия), Toledo (Испания).

В противотанковых ракетных комплексах третьего поколения вводятся дневные и ночные, а также тепловизионные прицелы. Как правило, дневной прицел оптический, ночной – с ИК-формированием изображения или тепловизионный прицел. Особый интерес представляют ПТРК, в котором для управления полетом ракеты используется волоконно-оптический кабель (ВОК). Комплексы с наведением ракет по ВОК имеют ряд преимуществ по сравнению с ПТРК, оснащенными ГСН.

Использование ВОК позволяет вести стрельбу с закрытых позиций вне прямой видимости цели; получить повышенную надежность вследствие помехоустойчивости ВОК к средствам радиоэлектронного противодействия; иметь повышенную скрытность из-за отсутствия демаскирующего излучения; достичь высокой степени автоматизации процесса стрельбы, так как обработка информации с ракеты может производиться без участия оператора, снизить стоимость комплекса из-за упрощения конструкций.

Специалисты полагают, что ПТУР с телевизионным наведением по ВОК могут применяться по движущимся и неподвижным целям (танк, КП, ракетные комплексы и др.), для ведения разведки на дальности до 25 км. Ракета Polupheme 60, применяющая ВОК и имеющая дальность 60 км, может использоваться для поражения целей в тылу, а на подводных лодках – для борьбы с противотанковыми вертолетами. В отечественной практике противотанкового ракетостроения к третьему поколению ПТРК относится всепогодный многоцелевой ракетный комплекс «Хризантема».

3.4.1. ПТРК «Хризантема» для ракеты 9М123

ПТРК «Хризантема» предназначен для поражения современных, а также перспективных танков любого типа, в том числе оснащенных ДЗ, малотоннажных надводных и низколетящих воздушных целей, сооружений из железобетона, бронированных укрытий, бункеров, живой силы в укрытиях и на открытых площадках (рис. 3.36).

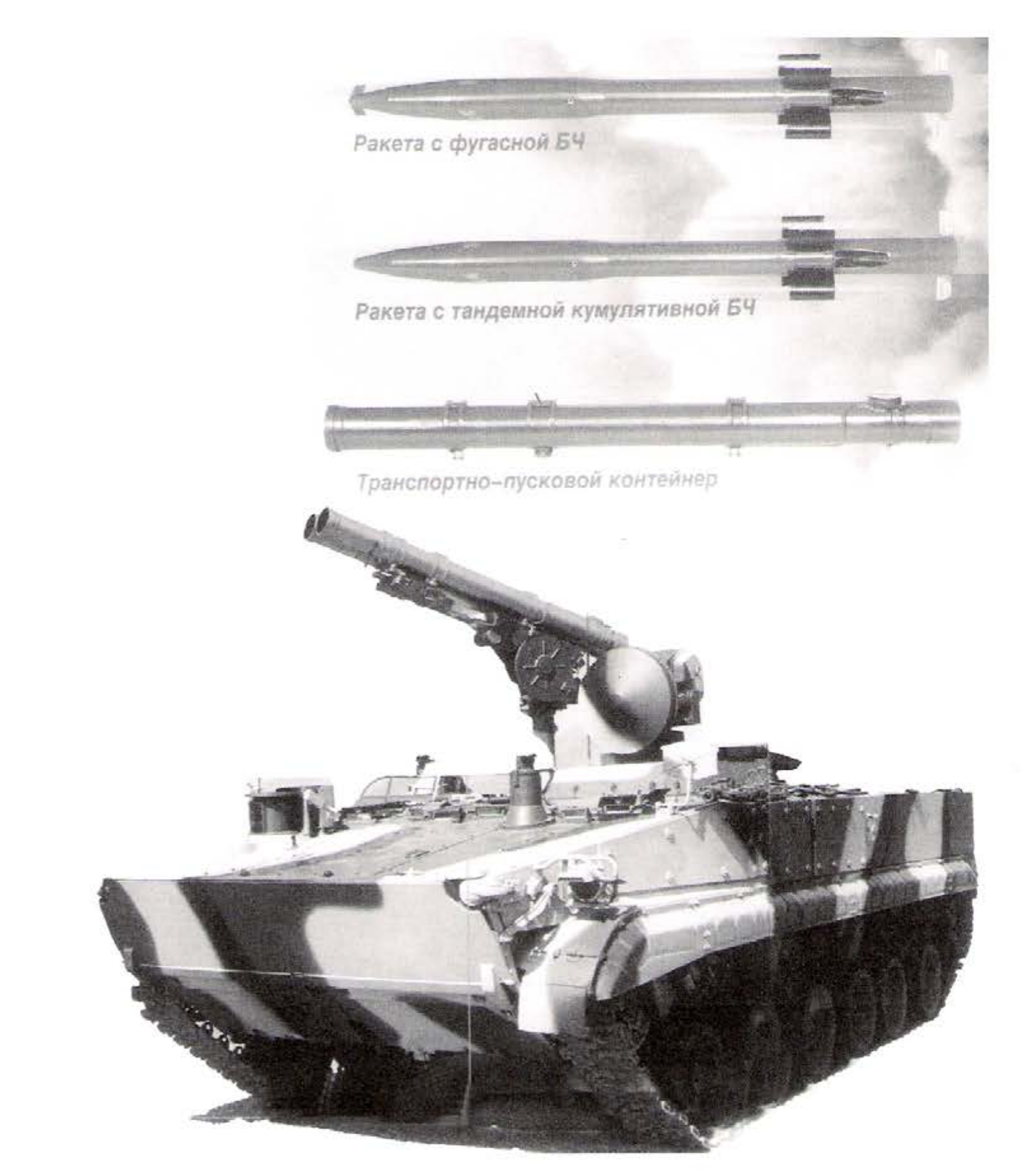
В состав комплекса входят боевая машина 9П157-2, ракета с фугасной БЧ 9М123Ф-2, ракета с кумулятивной БЧ 9М123-2, средства технического обслуживания, контрольно-поверочная машина 9В945 для обслуживания БМ 9П157 2, контрольно-поверочная машина 9В990 для проверки ракет, тренажер 9Ф852.

ПТРК «Хризантема» имеет важные преимущества: возможность применения по объектам бронетанковой техники днем и ночью в простых и сложных метеоусловиях и при наличии пыледымовых помех; автоматическое наведение ракет на цель в радиолокационном канале (третье поколение); возможность одновременного обстрела двух целей; малое полетное время за счет сверхзвуковой скорости полета ракеты; высокая помехозащищенность от радио- и ИК-помех; высокая точность и скорострельность; высокая эффективность боевых частей.

Тактико-технические характеристики ПТРК «Хризантема»

Дальность стрельбы, м	6000
Скорость полета ракеты	Сверхзвуковая
Поражение легкобронированных целей, катеров, инженерных сооружений, живой силы	Обеспечивается
Система управления	Комбинированная: – автоматическая радиолокационная в миллиметровом диапазоне с наведением ракеты в радиолуче; –полуавтоматическая с наведением ракеты в луче лазера
Возможность одновременной стрельбы по двум целям	Обеспечивается
Защищенность от организованных и неорганизованных радио- и ИК-помех	Обеспечивается
Базовое шасси	БМП-3
Боекомплект	15 ракет
Заряжание пусковой установки	Автоматическое
Стартовая масса ракеты, кг	46
Масса ТПК с ракетой, кг	54

Главная особенность ПТУР – способность поражать бронесредства противника на поле боя без необходимости оптического и тепловизионного прицеливания. Комплекс оснащен собственной радиолокационной станцией, работающей в диапазоне радиоволн 100…150 ГГц (2…3 мм – длина волны). РЛС обеспечивает обнаружение и сопровождение цели с одновременным управлением ракетой при наведении.



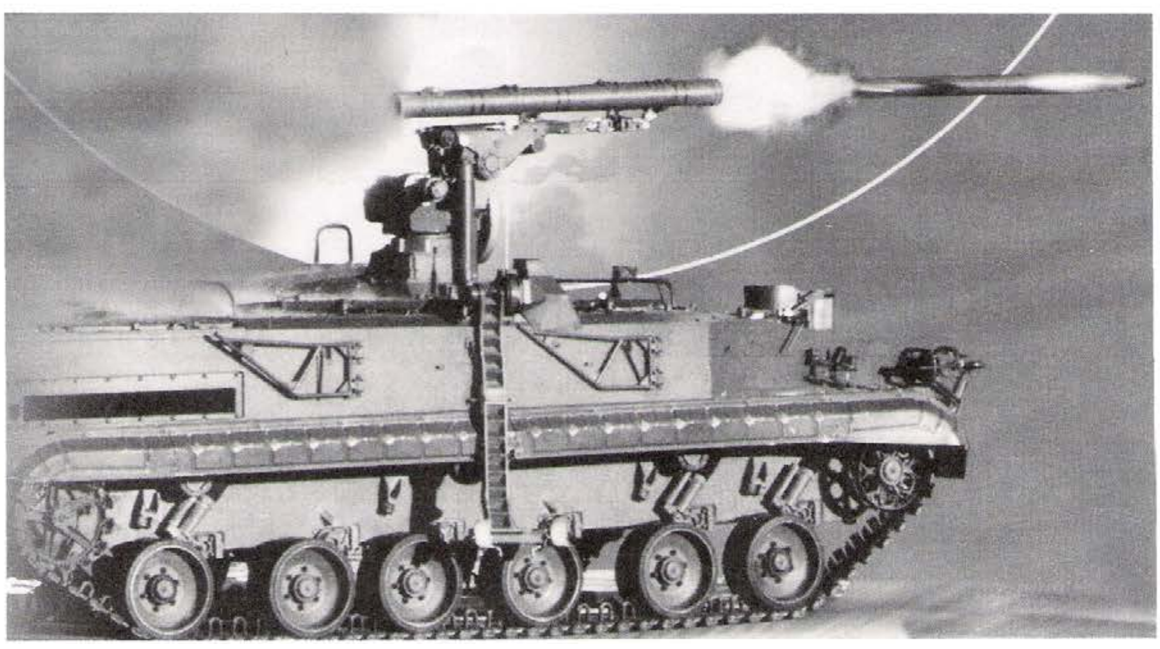


Рис. 3.36. Всепогодный круглосуточный многоцелевой ракетный комплекс «Хризантема»

Процесс сопровождения и управления осуществляется в автоматическом режиме, без участия оператора. Благодаря наличию дополнительной лазерной системы наведения ПТУР оператор может вести огонь залпом, одновременно по двум разным объектам, используя разные каналы прицеливания.

Ракета 9М123 (см. рис. 3.36) выполнена по нормальной аэродинамической схеме. Аэродинамические рули перпендикулярны плоскости расположения осей сопл двигателя, и их привод находится в хвостовой части ракеты, а крылья ракеты – перед сопловым блоком.

В передней части размещена мощная надкалиберная тандемная БЧ диаметром 152 мм, которая способна пробить 1000…1200 мм (по нормали) гомогенной броневой стали за динамической защитой. Другой вариант оснащения БЧ – фугасным (термобарическим) зарядом. Пусковая установка монтируется на шасси БМП- 3 с экипажем из двух человек.

Боекомплект БМ 9П157 состоит из 15 ракет 9М123-2 или 9М123Ф-2 в транспортно-пусковых контейнерах. Боевая машина обладает высокой маневренностью и повышенной проходимостью, оснащена средствами коллективной и индивидуальной защиты от оружия массового поражения, преодолевает водные преграды на плаву с помощью двух водометных движителей со скоростью 10 км/ч без предварительной подготовки. Наряду с выдвижной пусковой установкой на двух ТПК с ракетами ближе к левому борту размещена антенна РЛС. Выдача из боеукладки необходимых для выполнения боевой задачи ракет осуществляется автоматически по команде оператора. Все процессы, связанные с переводом пусковой установки из походного положения в боевое и обратно, заряжание и перезаряжание полностью автоматизированы и осуществляются оператором с помощью специального пульта.

Три боевые машины, оснащенные ПТРК «Хризантема», способны успешно отразить атаку роты танков в количестве 14 единиц. Возможна работа нескольких БМ по одной или нескольким, близко расположенным целям.

Тренажер 9Ф52 предназначен для подготовки операторов боевой машины, поддерживания и совершенствования их профессиональных навыков. На тренировках «пуски» ракет сопровождаются зрительными и звуковыми эффектами, сопутствующими стрельбе, звуком схода ракеты, дымовыми помехами от двигателя, а также звуковым фоном «боя». На экране видеомонитора визуальной обстановки формируется трехмерное цветное изображение целей (танк, БМП, вертолет), прицельная марка, дальномерная и угломерная шкалы. Предусматривается возможность размещения этого комплекса в качестве противокорабельного оружия на катерах ВМФ.

В целом комплекс «Хризантема» может рассматриваться как мощное средство борьбы с бронированными целями в сложной помеховой обстановке, в том числе с применением принципа «выстрелил–забыл».

Контрольные вопросы

1. *Обзор методов управления полетом противотанковых ракет.*
2. *Общая характеристика конструкций управляемых ракет. Аэродинамические схемы ПТУР.*
3. *Конструктивные особенности ПТУР первого поколения.*
4. *Конструктивные особенности ПТУР второго поколения.*
5. *Конструктивные особенности ПТУР третьего поколения.*
6. *Обзор конструкций ПУ для ПТУР.*
7. *Особенности применения танковых пушек для пуска ПТУР.*
8. *Транспортно-пусковые контейнеры для ПТУР.*
9. *Краткая характеристика наземных носителей для ПТУР.*
10. *Перспективы совершенствования противотанкового управляемого оружия.*

4. КУМУЛЯТИВНЫЙ ЗАРЯД И ЕГО ДЕЙСТВИЕ ПО ПРЕГРАДЕ

Противотанковые комплексы, предназначенные для поражения бронетанковой техники, имеют КБЧ (см. рис. 3.28) с зарядом взрывчатого вещества (ВВ). Как показывает опыт применения осколочно-фугасных, подкалиберных и кумулятивных боеприпасов, именно последние с наибольшей вероятностью могут преодолеть мощную защиту танков за счет концентрации энергии ВВ в определенном направлении, что и составляет суть кумуляции как физического явления.

4.1. Взрыв, горение и детонация

Разгон снаряда в артиллерийском стволе и движение ракеты осуществляются за счет быстрого горения порохов, твердых и жидких ракетных топлив. Снаряды и ракеты несут боевые части, в которых для поражения цели применяются взрывчатые вещества, детонация которых формирует фугасное, осколочно-фугасное или кумулятивное поражающее действие. Во всех случаях взрывное разложение органических веществ реализует запасенную химическую энергию через горение или детонацию.

4.1.1. Взрыв

Взрыв – быстрое выделение энергии, сопровождающееся повышением давления, импульсным акустическим, тепловым и световым излучением.

Химический взрыв – разложение вещества на молекулярном уровне или реакция двух и более веществ с выделением энергии.

Вещества, разлагающиеся с выделением энергии 4…5 МДж/кг и большого объема нагретых газов (1…1,5 $м^3$/кг) с температурой (2…4)$\cdot 10^3$ К, называются взрывчатыми веществами (ВВ).

Взрывчатое превращение может идти в виде горения (линейные скорости распространения 0,01…1 м/с) и детонации (1…10 км/с). Изобретённый в древнем Китае и вновь открытый в средневековой Европе порох был первым компактным и мощным источником энергии. Позднее появились взрывчатые вещества, такие как тротил, несравненно более разрушительные. Для военных нужд, применения в промышленности и горном деле ежегодно производятся сотни тысяч тонн ВВ.

Физические взрывы – превращение одного вида энергии в другой, не связанное с разложением вещества на молекулярном уровне (разрушение баллона с газом под давлением, разряд конденсатора на проводник, короткое замыкание электрических сетей, фокусировка мощного светового импульса лазера, падение метеорита). При этом разложение рабочих тел и окружающей среды на молекулярном уровне является сопутствующим и проходит с потреблением энергии.

Ядерные взрывы – разложение вещества на ядерном уровне. Ядра тяжелых элементов находятся на грани устойчивости из-за отталкивания протонов. По этой причине уран – последний естественный элемент в Периодической системе. При распаде ядра на примерно одинаковые осколки выделяется энергия их кулоновского взаимодействия, которая превышает энергию перераспределения электронов внешних оболочек атома примерно в 10^7 раз. Даже при 10 % эффективности ядерное ВВ на пять порядков превосходит обычное. Человек, освоив ядерную энергию, достиг могущества, сравнимого по мощности с природными факторами.

Взрывы и другие источники энергии (работы, тепла) удобно сравнивать по плотности энергии на единицу массы (рис. 4.1).

В дальнейшем будем рассматривать взрывы, имеющие химическую природу. Аккумуляторами химической энергии являются взрывчатые вещества, пороха, ракетные топлива. В настоящее время их составы настолько переплелись, что имеет смысл объединить их под общим названием «взрывчатые вещества» и рассматривать формы взрывчатых превращений в виде горения, детонации и переходных нестационарных процессов. Плотность энергии взрывчатого превращения тротила 4,2 МДж/кг. Горение порохов сопровождается несколько большим выделением энергии (10…13 МДж/кг), но не носит взрывного характера. При взрыве в продуктах реакции развиваются давления 2…30 ГПа и они приобретают скорость 1…2 км/с. Окружающая среда воспринимает удар продуктов взрыва, который порождает ударные волны в ней.



Рис. 4.1. Предельные значения плотностей энергий различных видов превращений: ядерные (*1* – синтез ядер, *2* – деление ядер, *3* – радиоизотопы); химические (*4* – метастабильный гелий, *5* – атомарный водород, *6* – бензин с воздухом, *7* – гексоген); тепловые (*8* – бериллий, *9* – водород); механические (*10* – маховик из стеклопластика, *11* – маховик стальной); упругие (*12* – сжатый водород в баллоне 10^7 Па, 300° К, *13* – сталь); электромагнитные (*14* – катушка индуктивности); электростатические (*15* – конденсатор); гравитационные (*16* – тело на высоте 100 м)

4.1.2. Горение и детонация

Химические реакции, сопровождающиеся изменением молекулярного состава, делятся на экзотермические (с выделением тепла) и эндотермические (с поглощением тепла). В качестве источника энергии применяются вещества, способные к химическим превращениям с выделением энергии при разложении или реакции с другими веществами.

Наиболее распространены в природе реакции окислительно-восстановительного типа. Подавляющее количество окислительных реакций – это реакции с кислородом воздуха. Скорость окисления (количество сгоревшего вещества в единицу времени) определяется доступом кислорода и его количеством и может меняться на порядки в объеме материала и на поверхности. Порох – это смесь горючего и окислителя, поэтому он горит в замкнутом пространстве (гильза, канал ствола) без кислорода воздуха. Быстрое горение пороха создается за счет высокой концентрации окислителя и малого размера частиц, обеспечивающих большую поверхность контакта. Из-за ограниченной свободной поверхности кислород воздуха не смог бы поддерживать столь интенсивное горение. Газовые смеси (кислород и водород, кислород и метан) перемешаны на молекулярном уровне и сгорают очень быстро (взрываются). Бездымный баллиститный порох (получен А. Нобелем в 1888 г.) представляет собой смесь нитратов целлюлозы с нитроглицерином. Эти вещества, как и большинство других органических ВВ, состоящих из CHNO-элементов, содержат горючее и окислитель в каждой молекуле. В основном это атомы углерода и водорода, окисляющиеся кислородом нитрогруппы.

Взрывное превращение ВВ намного мощнее горения пороха из-за малого времени реакции. Такое быстрое взрывное превращение называют детонацией. Разница между горением и детонацией состоит в способе распространения процесса разложения вещества.

Горение распространяется за счёт движения тепловой волны, переноса тепла от горячих продуктов реакции ($T_г$) к непрореагировавшей части заряда (T_0) за счет теплопроводности и диффузии (рис. 4.2). Именно поэтому на скорость горения влияют внешние условия. Например, рост давления усиливает теплообмен и ускоряет горение.

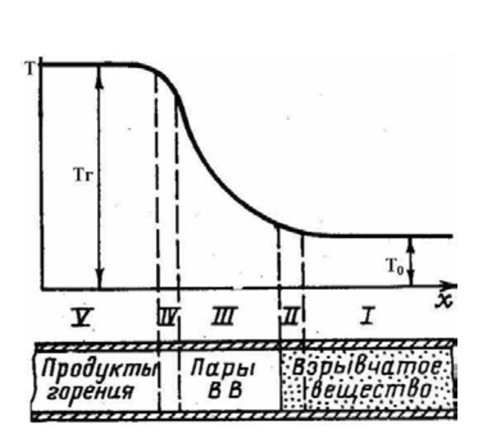


Рис. 4.2. Схема распределения физико-химических процессов и температуры T при горении ВВ: I – исходное ВВ; II – прогретый слой конденсированного ВВ; III – зона прогрева паров ВВ; IV – зона химической реакции в парах; V – зона продуктов горения

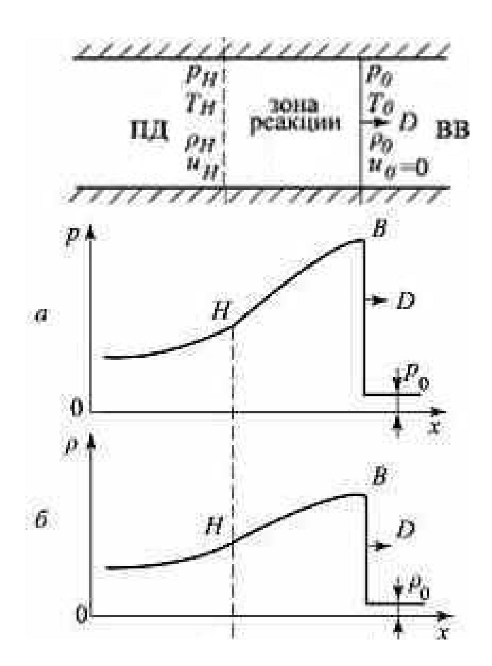


Рис. 4.3. Структура детонационной волны: изменение давления (*а*) и плотности (*б*) вещества

Детонацию ведет ударная волна, которая сильно и резко сжимает вещество. Рост давления, плотности и температуры за фронтом волны инициирует быструю реакцию, следствием которой является превращение исходного ВВ в смесь горячих газов – продуктов детонации (ПД). Образуется устойчивая детонационная волна (рис. 4.3), состоящая из ударной волны и следующей за ней зоны химической реакции (модель ЗНД – по именам Я.Б. Зельдовича, Дж. фон Неймана и Э. Деринга). Поскольку в зоне достигаются громадные давления в 20…30 ГПа, влиять на детонацию извне очень трудно. Этим объясняется стабильность детонационной волны.

Выделение энергии в зоне реакции поддерживает ударную волну, так что процесс распространяется с постоянной сверхзвуковой скоростью, зависящей только от свойств ВВ. Это возможно только если разрежение, неизбежно возникающее позади волны из-за разлёта ПД, не может повлиять на зону реакции. Волны разрежения движутся относительно вещества со скоростью звука. Следовательно, зона реакции должна отделяться от последующего течения поверхностью, из которой газ вытекает (в системе отсчёта, связанной с фронтом волны) со скоростью звука. Это правило отбора скорости детонации стационарного режима предложено Д. Чепменом (D.L. Chapman) и Э. Жуге (E. Jouguet). Скорость детонации при этом превышает скорость звука за фронтом на величину, с которой движется вещество (массовая скорость). Параметры детонационной волны (плоскость H на рис. 4.3) связаны с параметрами исходного покоящегося ВВ с помощью законов сохранения массы, изменения импульса, энергии, условия Чемпмена–Жуге и уравнения состояния ПД:

$$\rho_0 * D = \rho_H (D - U_H),\; p_H - p_0 = \rho_0 D U_H,\; E_H - E_0 = (p_H - p_0)/2 + Q,$$
$$(-dp/dv)_H = (dp/dv)_S = (p_H - p_0)/(v_0 - v_H), \qquad (4.1)$$
$$E_H = E(p_H, \rho_H);\; p_H = p(\rho_H, T_H),$$

где $\rho_0 = 1/v_0$, p_0, E_0 – плотность (удельный объем), давление и удельная внутренняя энергия в исходном ВВ; D и Q – скорость детонации и теплота взрыва, выделяющаяся в детонационной волне; $\rho_H = 1/v_H$, p_H, U_H, E_H, T_H, S – плотность, давление, массовая скорость, удельная внутренняя энергия, температура и энтропия ПД в конце зоны химической реакции. Индекс «H» означает, что эти величины соответствуют ударной адиабате Гюгонио (G. Hugoniot) ПД. Параметры состояния вещества на ней достигаются ударным сжатием при отсутствии теплопередачи.

Эти уравнения аналогичны соответствующим уравнениям на фронте ударной волны в инертном веществе с той лишь разницей, что в уравнении энергии появляется теплота взрыва Q и прибавляется условие устойчивой детонации (четвертое уравнение в системе (4.1)).

Из первого и второго уравнений можно получить соотношение

$$p_H = p_0 + (D/v_0)^2 (v_0 - v_H)\,. \qquad (4.2)$$

В плоскости p-v уравнение (4.2) представляет собой прямую Михельсона для переменных p_H, v_H. Угловой коэффициент этой прямой равен $(D/v_0)^2$, и проходит она через точку A (рис. 4.4), соответствующую начальному состоянию ВВ (p_o, v_0). Проследим процесс детонации ВВ в плоскости p-v . На рис. 4.4 изображены две ударные адиабаты ВВ (*1*) и ПД (*2*), которые представляют собой геометрическое место точек возможных состояний ударного сжатия исходного ВВ (p_0, v_0) и ПД. Давление p_B и удельный объём v_B на границе между фронтом ударной волны и зоной химической реакции (плоскость B на рис. 4.3), должны лежать на этой кривой. Ударная адиабата ПД *2* соответствует полному выделению химической энергии в зоне химической реакции. Очевидно, что состояние p_H, v_H на границе между зоной химической реакции и зоной ПД принадлежит ударной адиабате *2*, которая располагается выше адиабаты ВВ, поскольку при химической реакции выделяется энергия.

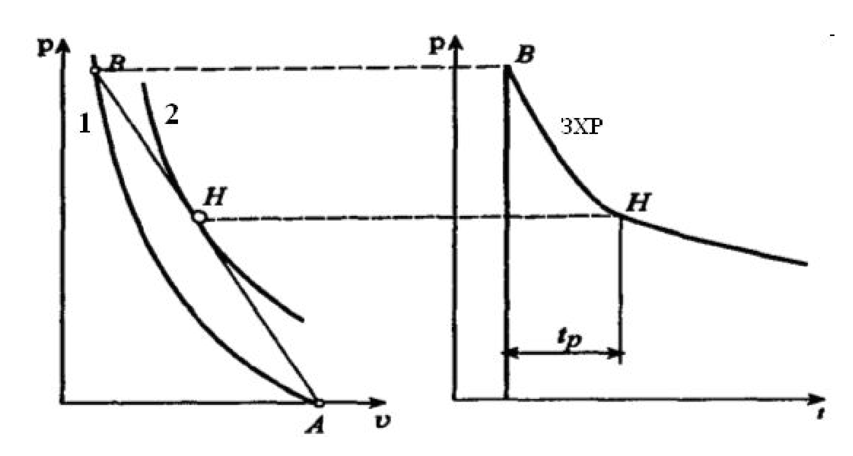


Рис. 4.4. $p(v)$ – диаграмма и профиль давления зоны химической реакции в детонационной волне ВВ: *1* – ударная адиабата ВВ; *2* – ударная адиабата продуктов детонации; $t_р$ – длительность химической реакции

Процесс детонации происходит следующим образом. Взрывчатое вещество из исходного состояния (p_0, v_0) сжимается ударной волной до состояния (p_B, v_B). Этих параметров достаточно для инициирования химической реакции за фронтом ударной волны. Поскольку в зоне химической реакции должны выполняться законы сохранения массы и импульса, то состояние в ней должно меняться вдоль прямой BA. При выделении теплоты химической реакции давление уменьшается от p_B до p_H, которое соответствует полному выделению химической энергии Q за время $t_р$. Точка H (точка Жуге) соответствует окончанию химической реакции и выделению тепла Q на единицу массы ВВ. Прямая AB и ударная адиабата *2* должны иметь общую точку, поскольку после выделения Q параметры состояния ПД должны находиться на прямой AB и на кривой ударного сжатия. Гидродинамическая теория доказывает, что устойчивой детонации соответствует касание ударной адиабаты ПД в точке H.

По современным представлениям уравнения состояния ПД могут быть записаны в той же форме, что и уравнения состояния твёрдых и жидких инертных сред [10]:

$$p = p_х(\rho) + p_т(\rho, T)\,,\ E = E_х(\rho) + E_т(\rho, T)\,, \qquad (4.3)$$

где $p_х$ и $E_х$ – упругие («холодные») компоненты давления и внутренней энергии, обусловленные взаимодействием частиц (атомов, молекул) при $T = 0$; $p_т$ и $E_т$ – тепловые составляющие давления и энергии, обусловленные тепловым движением частиц. В приближении Ми–Грюнайзена для конденсированных сред вводится соотношение $p_т = \gamma(v)E_т / v$, где $\gamma(v)$ – коэффициент Грюнайзена. Тогда из системы (4.3) $p = p_х(v) + \gamma(v)(E - E_х)/v$. Тем самым исключены тепловые составляющие давления и энергии, определение которых требует знания теплоемкости при повышенных давлениях и температурах. «Холодные» составляющие определяются из экспериментов по определению сжимаемости веществ при нормальной температуре, коэффициент $\gamma(v)$ – из экспериментальных параметров ударных и детонационных волн.

На приблизительном совпадении параметров расширения вещества из состояния на ударной адиабате и изоэнтропического расширения (отсутствие теплообмена) основано широкое применение уравнения состояния для продуктов детонации Ландау–Станюковича $p = A\rho^n$ и его обобщение в форме Ми–Грюнайзена $p = A\rho^n + (\gamma - 1)\rho E$, где n – показатель политропы продуктов детонации.

Таким образом система уравнений (4.1) при задании энергосодержания ВВ и уравнения состояния продуктов детонации в том или ином приближении позволяет определить параметры идеальной детонации и действие продуктов взрыва на окружающую среду.

На практике часто имеют дело с зарядом ВВ ограниченных размеров и неидеальной детонацией с пониженными скоростями. В диаметре заряда меньше предельного (для цилиндрического заряда), когда боковая волна разгрузки частично входит в зону химической реакции, энерговыделение уменьшается, ударная адиабата располагается ниже и наклон прямой *AB* меньше (меньшая скорость детонации). Условие касания сохраняется. При размерах меньше некоторого критического заряда детонация затухает. Критический диаметр для многих ВВ лежит в диапазоне от миллиметров до сантиметров. Боковое расширение ослабляет зону реакции, когда время разлёта становится порядка времени химической реакции (критерий Ю.Б. Харитона). Из него следует, что любая смесь горючего и окислителя может детонировать, если заряд достаточно велик. Действительно, известны неожиданные взрывы материалов, считавшихся инертными. В 1921 г. произошёл сильнейший взрыв в Оппау (Германия) на заводе удобрений. Произведённая селитра (NH_4NO_3) при хранении слёживалась и затвердевала. Рыхление продукта производили взрывами небольших зарядов ВВ. За долгое время было сделано свыше 20000 взрывов, однако последний из них вызвал детонацию всей массы селитры. Погибло около 500 человек и примерно 2000 были тяжело ранены.

4.1.3. Состав и свойства распространенных взрывчатых веществ

Среди применяемых в настоящее время ВВ наиболее распространены следующие.

Тротил (тринитротолуол, ТНТ, тол). Светло-желтый кристаллический порошок. Температура плавления 80^{0}С. Плотность кристалла 1,66 г/см^3. Литой тротил имеет плотность 1,62, жидкий 1,47 г/см^3. Скорость детонации 7,0 при плотности 1,6 г/см^3. Критический диаметр порошка 4 мм, литого тротила 16 мм. Отличается химической стойкостью, относительно безопасен и не взрывается даже при простреливании пулей. В основном используется как вспомогательный компонент для создания литьевых композиций с другими ВВ. Смеси с аммиачной селитрой (аммониты, аммоналы) широко применяются в горнодобывающей промышленности.

Октоген $C_4H(NNO_2)_4$ – циклотетраметилен – N-тетранитроамин, белый кристаллический порошок, температура плавления 278…280°С, плотность 1,90…1,96 г/см^3 , не растворяется в воде, растворяется в ацетоне. Скорость детонации при плотности 1,9 г/см^3 равна 9100 м/с. Впервые был синтезирован за рубежом в 1943 г. Мощное ВВ, имеющее повышенную термостойкость. Применяется в кумулятивных зарядах ракет обычно в виде сплава с 23% тротила (октол) или в прессованном виде с 3…4 % флегматизатора (окфол).

Гексоген $C_3H_6(NNO_2)_3$ – циклотриметилен – N-тринитроамин, циклонит, белый кристаллический порошок, температура плавления 204… 205°С, плотность 1,816 г/см^3, не растворяется в воде, растворяется в ацетоне. Скорость детонации при плотности 1,8 г/см^3 составляет 8750 м/с. Впервые синтезирован за рубежом в 1899 г. При температуре плавления начинает разлагаться, поэтому применяется в прессованном виде либо в виде сплавов с другими ВВ. Всегда применяется во флегматизированном виде с 4% церезина или парафина, 3% стеарина, 0,5% красителя (состав А-IX-1). При смешении гексогена со связующим и пластификатором получают пластичные ВВ. Пластиты расширяют область применения ВВ, делают применение более удобным, снижают чувствительность гексогена. Пластиты, как правило, не взрываются от прострела винтовочной пулей и могут спокойно сгорать в количествах до 50 кг. Сплавы гексогена с тротилом применяются для снаряжения боеприпасов методом заливки. Для увеличения фугасности (общего действия взрыва) применяются сплавы «тротил-гексоген-алюминиевая пудра» (ТГА). За рубежом сплав называют «НВХ», его состав: 40% тротила, 42% гексогена, 18% алюминиевой пудры и 0,7% флегматизатора (сверх 100%). Гексоген в смесях с аммиачной селитрой применяется на взрывных работах под названием скального динамита для разработки наиболее прочных горных пород.

Тэн $C(CH_2ONO_2)_4$ – тетранитропентаэритрит, белый кристаллический порошок, температура плавления 141…142°С, плотность 1,67…1,75 г/см^3, не растворяется в воде, растворяется в ацетоне. Скорость детонации при плотности 1,67 г/см^3 равна 7800 м/с. Впервые синтезирован за рубежом в 1901 г. При температуре плавления частично разлагается, поэтому применяется в прессованном виде или в виде сплавов с другими ВВ. ТЭН всегда применяют во флегматизированном виде с введением в него до 5% парафина, церезина, воска и т.п. Применяют для снаряжения капсюлей-детонаторов, промежуточных детонаторов, детонирующих шнуров, кумулятивных зарядов.

ТАТБ $C_6(NH_2)_3(NO_2)_3$ – 1,3,5-триамино-2,4,6-тринитробензол. Желтые кристаллы плотностью до 1,9 г/см^3, нерастворимые в воде, бензоле, спирте. Хорошо растворимы в концентрированной серной и хлорсульфоновой кислотах. Легко прессуется. Малочувствителен к механическим и тепловым воздействиям. Отличается очень низкой чувствительностью к первичным средствам инициирования, к ударно-волновому воздействию и к электрической искре. Обладает хорошей термостойкостью в пределах 260…290°С. Скорость детонации до 8000 м/с (7650 м/с при плотности 1,8 г/см^3). Критический диаметр около 7 мм. Впервые получен в 1888 г. Используется в качестве основного термостойкого и малочувствительного ВВ в различных боеприпасах, главным образом в боеголовках высокоскоростных ракет, испытывающих при полете сильный нагрев. Применяется также как флегматизатор октогена в термостойких ВВ, в зарядах ВВ для современных ядерных боеприпасов,

4.2. Кумулятивный заряд

4.2.1. Физические представления о кумуляции

Кумулятивный заряд (КЗ) как взрывное устройство приобрел большое значение в практике применения ВВ как для военных, так и для промышленных целей.

Если монолитный заряд ВВ, имеющий осевую симметрию, при взрыве на поверхности стального блока оставляет лишь неглубокую коническую вмятину (рис. 4.5,*а*), то заряд с конической выемкой выбивает кратер, глубина которого в пять раз больше (рис. 4.5,*б*). Когда в том же заряде выемка содержит металлическую воронку *1* (рис. 4.5,*в*), а заряд *2* взрывается осесимметрично детонатором *3* на некотором расстоянии от преграды (равном 1…6 диаметра заряда), получается отверстие глубиной до 12 диаметров заряда. Общее воздействие на преграду в случае "*б*" наибольшее, но локальное пробитие будет наибольшим в случае "*в*".

Кумуляция существенно повышает действие взрыва благодаря концентрации энергии в единице объема в нужном направлении.

Кумулятивный эффект заряда с выемкой (рис. 4.5,*б*) известен давно. Так, в России военный инженер М. М. Боресков использовал его ещё в 1864 г. для разрушения горных пород. Первые кумулятивные боеприпасы с металлической воронкой были созданы в период Второй мировой войны в СССР и Германии.

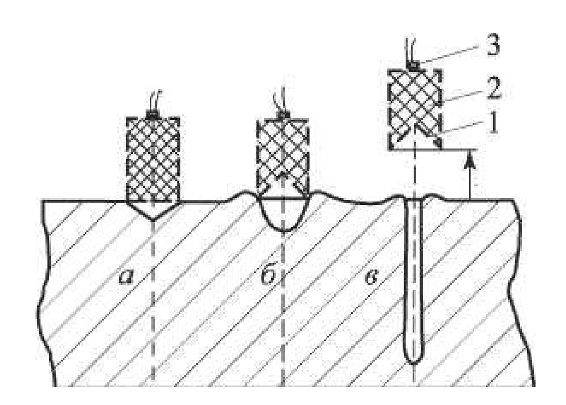


Рис. 4.5. Действие различных зарядов ВВ по преграде

Теоретические исследования и современные экспериментальные методы (импульсная рентгенография, оптические и осциллографические методы и др.) позволили получить достаточно полное представление о процессе образования кумулятивной струи (КС). Последовательные рентгеновские снимки взрыва КЗ с медной облицовкой (рис. 4.6) показывают, как образуется струя из

материала воронки, которая схлопывается под действием продуктов взрыва к оси заряда. При соударении из внутренней части облицовки формируется струя, имеющая высокую скорость, а наружная часть образует так называемый пест.

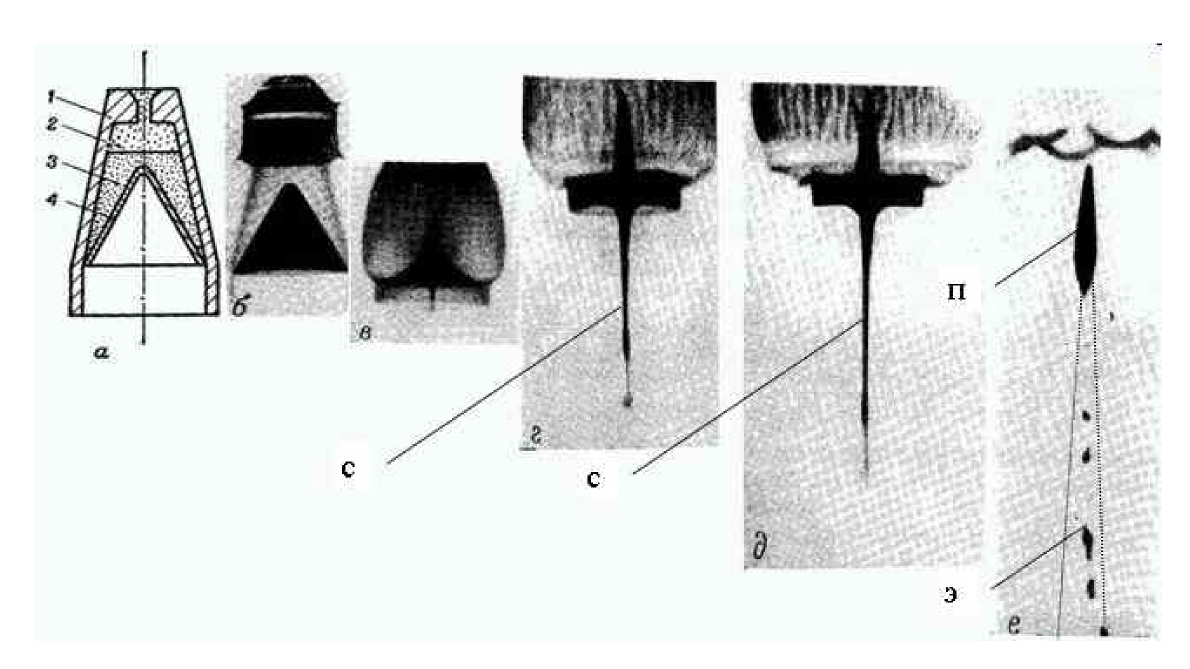


Рис. 4.6. Взрыв кумулятивного заряда: *а* – схема заряда: *1* – корпус; *2* – промежуточный заряд ВВ с инертной линзой; *3* – основной заряд ВВ; *4* – медная облицовка. Импульсные рентгеновские снимки: *б* – до взрыва; *в* – 6 мкс; *г* – 12,5 мкс; *д* – 17 мкс; *е* – 120 мкс после начала инициирования; с – струя; п – пест; э – хвостовые элементы «разорванной» струи

Цель применения кумулятивного заряда – пробить защиту наибольшей толщины и произвести запреградное действие на людей, технику и материалы. Чем выше энергосодержание и скорость детонации ВВ, тем выше поражающая способность заряда. Объем кратера в преграде пропорционален энергосодержанию ВВ и соотношению между массой ВВ и воронки. Глубина внедрения существенно зависит от параметров воронки (угла при вершине и толщины стенки), от градиента скоростей различных частей КС, от расстояния между основанием воронки и преградой (рис. 4.7, 4.8), во время пролета которого струя растягивается, от материала облицовки. Тяжелые пластичные металлы, в частности гранецентрированные с кубической решеткой группы меди, образуют сплошные струи, которые при большом удлинении (примерно в 10…20 раз по сравнению с исходной длиной) не разрываются. Другие металлы, такие, например, как железо, цинк, разрываются при растяжении в 7…10 раз и дают меньшую глубину пробития. В большинстве кумулятивных боеприпасов применяются медные кумулятивные воронки.

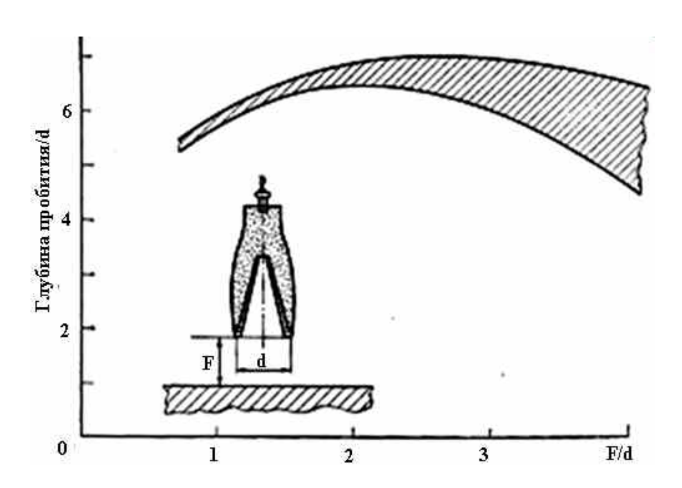


Рис. 4.7. Проникающая способность и разброс глубины внедрения кумулятивной струи в зависимости от расстояния до стальной преграды

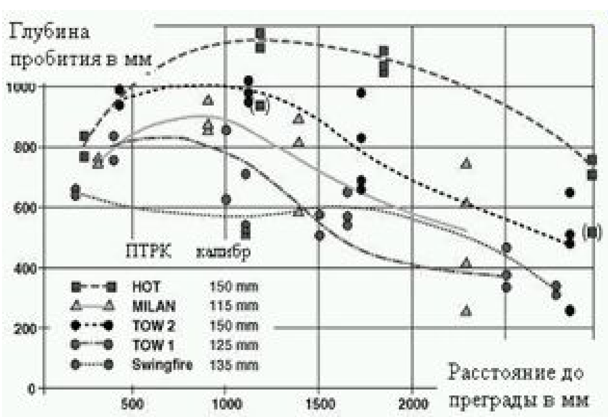


Рис. 4.8. Пробитие брони ПТРК стран НАТО в зависимости от фокусного расстояния

4.2.2. Гидродинамическая теория кумуляции

Гидродинамическая теория кумуляции создавалась в 40-е годы XX в. отечественными и зарубежными учеными. Формирование кумулятивной струи при детонации заряда с конической кумулятивной облицовкой и внедрение ее в стальные преграды можно описать, используя гидродинамику несжимаемой жидкости. Применение струйной модели основано на том, что давления, возникающие при детонации, намного превышают прочность металлов, но, с другой стороны, они не настолько велики, чтобы сжимаемость металлов могла играть существенную роль. Схлопывание облицовки под действием ПД (см. рис. 4.6) соответствует модели, полученной при течении жидкости. Однако если в этой модели система находилась в покое, то в случае детонирующего заряда она перемещается со скоростью точки схлопывания облицовки.

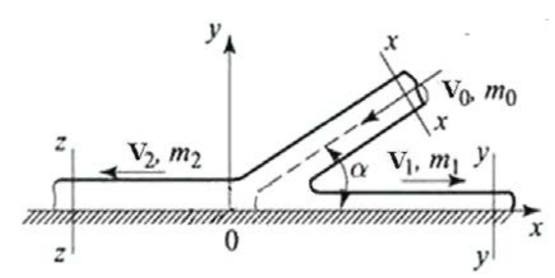


Рис. 4.9. Растекание сходящихся под углом α плоских (конической) струй (струи) по плоскости (оси)

Пусть сходящийся плоский (конический) поток образует на плоскости (оси) два потока, растекающихся вдоль нее в противоположных направлениях (рис. 4.9). Фронт детонационной волны в КЗ распространяется от детонатора по заряду ВВ *1* со скоростью *D* (рис. 4.10). Разогнанная продуктами детонации металлическая воронка *2* схлопывается со скоростью 1…2,5 км/с к оси КЗ, образуя при обжатии кумулятивную струю и пест. При постоянном соотношении массы ВВ и массы элемента воронки получается безградиентная струя (рис. 4.10,*а*). Практически различные части КС летят с разной скоростью, поскольку верхние элементы кумулятивного конуса имеют меньшую массу на единицу высоты по сравнению с массой элементов у основания конуса (рис. 4.10,*б*). Масса ВВ, прилегающая к разным элементам воронки и в основном определяющая его скорость, убывает от вершины к основанию конуса.

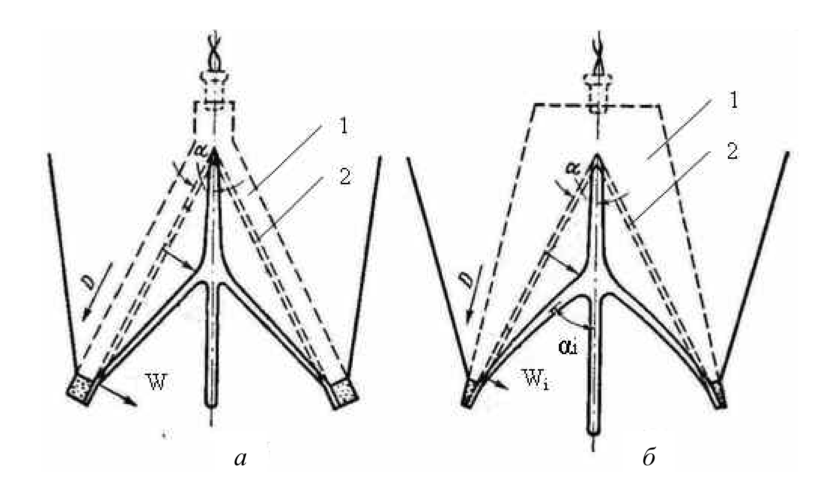


Рис. 4.10. Схлопывание воронки и формирование струи: *а* – безградиентной; *б* – с градиентом скорости; *1* – ВВ, *2* – воронка

Распределение скорости частиц вдоль КС схематично показано на рис. 4.11. Скорость головных элементов 6…12 км/с, а хвостовых 1,5…1 км/с. Пест имеет меньший градиент и движется компактной массой со скоростью меньше 1 км/с.



Рис. 4.11. Вид кумулятивной воронки после схлопывания с разделением на струю и пест: на графике приведено распределение скоростей

Из-за градиента скорости струя со временем растягивается и разрывается на несколько десятков элементов (при свободном полете в воздухе), каждый из которых летит как целое тело с постоянной скоростью (см. рис. 4.6, *г*-*е*). Струя по массе составляет малую часть облицовки (для медных воронок 10-20%), остальная масса воронки образует пест, который для таких материалов, как медь, железо, алюминий, летит как компактное тело. Исследования показывают, что температура КС ниже температуры плавления: для меди и железа 600…1000°С.

Определим основные кинематические параметры кумулятивной струи и песта. Пусть сходящийся стационарный поток несжимаемой жидкости с известными углом α, скоростью v_0, и массой m_0 (масса, проходящая через единицу площади в единицу времени) образует на плоскости (оси) два потока, растекающихся в противоположных направлениях вдоль оси $0x$ с параметрами v_1, m_1, v_2, m_2 (см. рис. 4.9). Так как задача симметрична, можно рассматривать половину потока. Считаем, что поверхность симметрии абсолютно гладкая, т. е. при движении жидкости по поверхности нет трения (тем более для оси симметрии). Для данной схемы течения можно записать следующую систему выражений законов сохранения массы, импульса и энергии:

$$m_0 = m_1 + m_2; \quad m_1 v_1 - m_2 v_2 = -m_0 v_0 \cos\alpha; \quad m_0 v_0^2/2 = m_1 v_1^2/2 + m_2 v_2^2/2. \qquad (4.4)$$

Из первого и третьего уравнений (4.4) $v_0 = v_1 = v_2$, и тогда из уравнения сохранения импульса следует: $m_1 - m_2 = -m_0 \cos\alpha$.

С учетом первого уравнения системы (4.4) определим распределение массы исходного потока на прямую и обратную струю:

$$m_1 = m_0 \sin^2(\alpha/2); \quad m_2 = m_0 \cos^2(\alpha/2). \qquad (4.5)$$

Перейдем от схемы соударения струй (см. рис. 4.9) к схеме схлопывания кумулятивной воронки (рис. 4.12). Допустим, что кумулятивная воронка получает скорость w, нормальную к своей поверхности. Разложим вектор w на две составляющие: вдоль стенки воронки v_0 и вдоль оси симметрии v_k. Выше было показано, что $v_1 = v_2 = v_0$, но направления v_1 и v_2 противоположны. Эти две струи будут сноситься вправо со скоростью v_k – скоростью точки соударения элементов облицовки. Поэтому скорость струи равна:

$$v_j = v_1 + v_k = v_0 + v_k = w(\mathrm{ctg}\alpha + 1/\sin\alpha) = w\,\mathrm{ctg}(\alpha/2). \qquad (4.6)$$

Скорость песта

$$v_p = -v_2 + v_k = v_k - v_0 = w(1/\sin\alpha - \mathrm{ctg}\alpha) = w\,\mathrm{tg}(\alpha/2).$$

Определим массу струи и песта:

$$M_j = m_1 = m_0 \sin^2(\alpha/2); \; M_P = m_2 \cos^2(\alpha/2). \qquad (4.7)$$

Выразим кинетическую энергию струи E_j и песта E_P через энергию схлопывающейся кумулятивной воронки E_0:

$$E_0 = m_0 v_0^2/2; \; E_j = E_0 \cos^2(\alpha/2); \; E_p = E_0 \sin^2(\alpha/2). \qquad (4.8)$$

Формирование струи зависит от угла раствора кумулятивной воронки (рис. 4.13). При углах 12°…40° формируется кумулятивная струя (*а*), и чем меньше угол, тем больше она растягивается и меньше ее масса. При углах более 50° образуется кумулятивное компактное ядро (*б*) с массой, сравнимой с массой воронки.

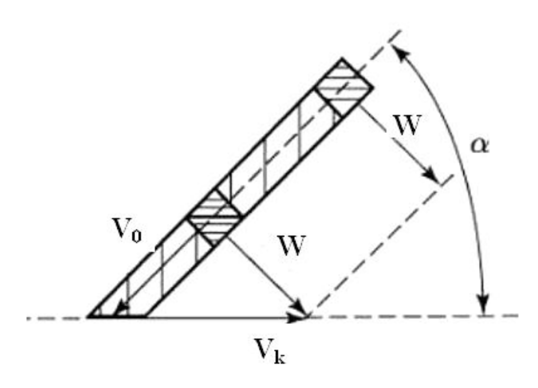


Рис. 4.12. Схема схлопывания элемента воронки на плоскость (ось)

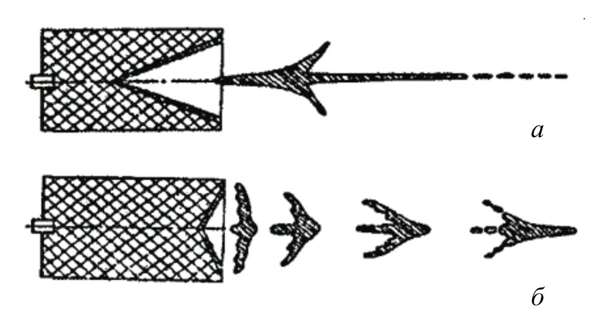


Рис. 4.13. Режимы кумуляции: *а* – классическая с формированием кумулятивной градиентной струи; *б* – формирование компактного ядра

Из уравнения (4.6) следует, что можно достичь бесконечно большой скорости струи при $\alpha \to 0$. В действительности этого не происходит. Скорость струи практически имеет верхний предел, зависящий от сжимаемости материала облицовки. Если угол α меньше некоторого критического угла $\alpha_{кр}$, то КС не образуется. Образование её происходит только в том случае, если в окрестности точки схлопывания воронки создается дозвуковой режим течения. При сверхзвуковом же течении в этой области ударные волны препятствуют образованию КС. Верхний предел скорости струи, соответствующий $\alpha_{кр}$, близок к удвоенной скорости звука в материале воронки. Но и при дозвуковом режиме течения не всегда создаются необходимые условия для формирования струи, поскольку при больших углах раствора воронки существенную роль в процессе струеобразования играют пластичность и прочность материала кумулятивной облицовки.

Диапазон скоростей КС от головных элементов до хвостовых вполне определенный: $v_{j\max} \le C_0(1+1/\cos\alpha)$ из условия дозвуковой скорости втекания материала воронки в область схлопывания $v_0 < C_0$, что примерно равно 10…12 км/с при скорости звука C_0 = 3,96 км/с для медной кумулятивной воронки; $v_{j\min} \ge (2\sigma_j/\rho_j)(1+1/\cos\alpha)$ из условия преодоления прочности материала воронки α_j при образовании струи плотностью ρ_j. Для медной воронки σ_j = 0,23…0,45 ГПа, ρ_j = 8900 кг/м^3 и $\alpha \sim 75°$ (максимальный угол схлопывания при формировании хвостовых элементов) $v_{j\min}$ = 1,5…1,1 км/с.

4.2.3. Методы расчёта параметров и действия кумулятивной струи

Процессы детонации кумулятивного заряда, схлопывания воронки и образования кумулятивной струи относятся к классу двумерных осесимметричных задач. Моделирование таких задача требует использования комплексов программ, реализуемых на ЭВМ.

На рис. 4.14 представлены результаты двумерного осесимметричного расчета детонации боевой части ПТРК «Конкурс» и действия по стальной преграде в различные моменты времени. Результаты численного моделирования информативны и наглядны, но проведение таких расчетов достаточно трудоемко и дорого.

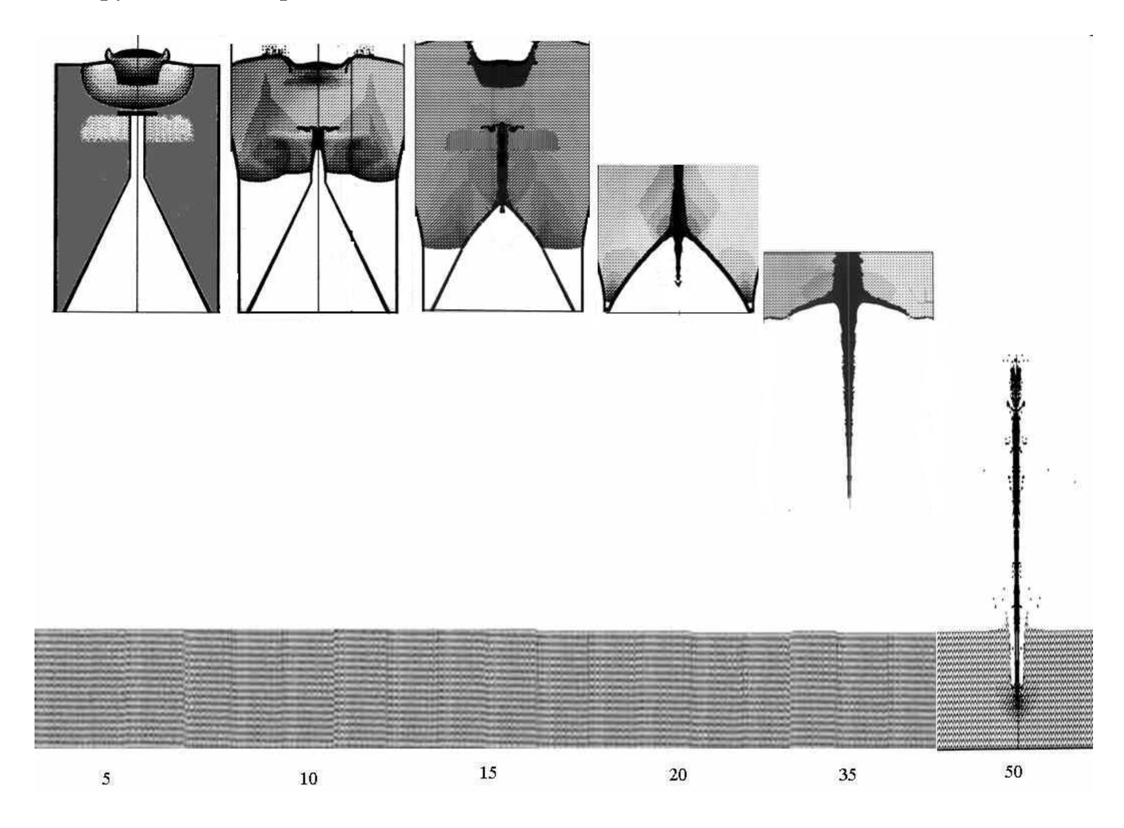


Рис. 4.14. Численное моделирование работы КБЧ «Конкурс» на моменты времени 5, 10, 15, 20, 35, 50 мкс после начала инициирования

Учитывая осевой характер процесса формирования и внедрения КС, можно ограничиться гидродинамическим осевым моделированием (ГД-приближение), основанным на применении приближённых (инженерных) методов расчёта параметров кумулятивных зарядов. Рассмотрим один из них (рис. 4.15).

Весь кумулятивный заряд разбивается на $n > 10$ слоев. Рассчитывается часть заряда высотой H. Рассмотрим i-й слой заряда, помещённый в корпус, массой M_{ki}, масса ВВ i-го элемента m_i, а масса кумулятивной облицовки M_i (рис. 4.16). При детонации слоя заряда ВВ элемент кумулятивной облицовки движется к оси воронки. Скорость метания элемента облицовки определяется по уравнению $w_i = 0{,}5D(\beta_i/(2+\beta_i))^{0{,}5}$, где $\beta_i = m_{ai}/M_i$ – коэффициент нагрузки i-го элемента воронки, D – скорость детонации ВВ. В разгоне элемента облицовки участвует энергия активной части заряда ВВ, остальная расходуется неэффективно в боковые стороны. Активная масса ВВ m_{ai} рассчитывается по соотношению $m_{ai} = 0{,}5m_i(1+(M_{ki}-M_1)/(M_{ki}+M_1+m_i))$. Тогда уравнение (4.6) для скорости кумулятивной струи для i-го элемента примет вид $v_{ji} = 0{,}5D\text{ctg}(\alpha_i/2)(\beta_i/(2+\beta_i))^{0{,}5}$. Абсолютное время формирования струи от данного элемента облицовки складывается из времен подхода детонации со скоростью D и схлопывания на ось со скоростью w.

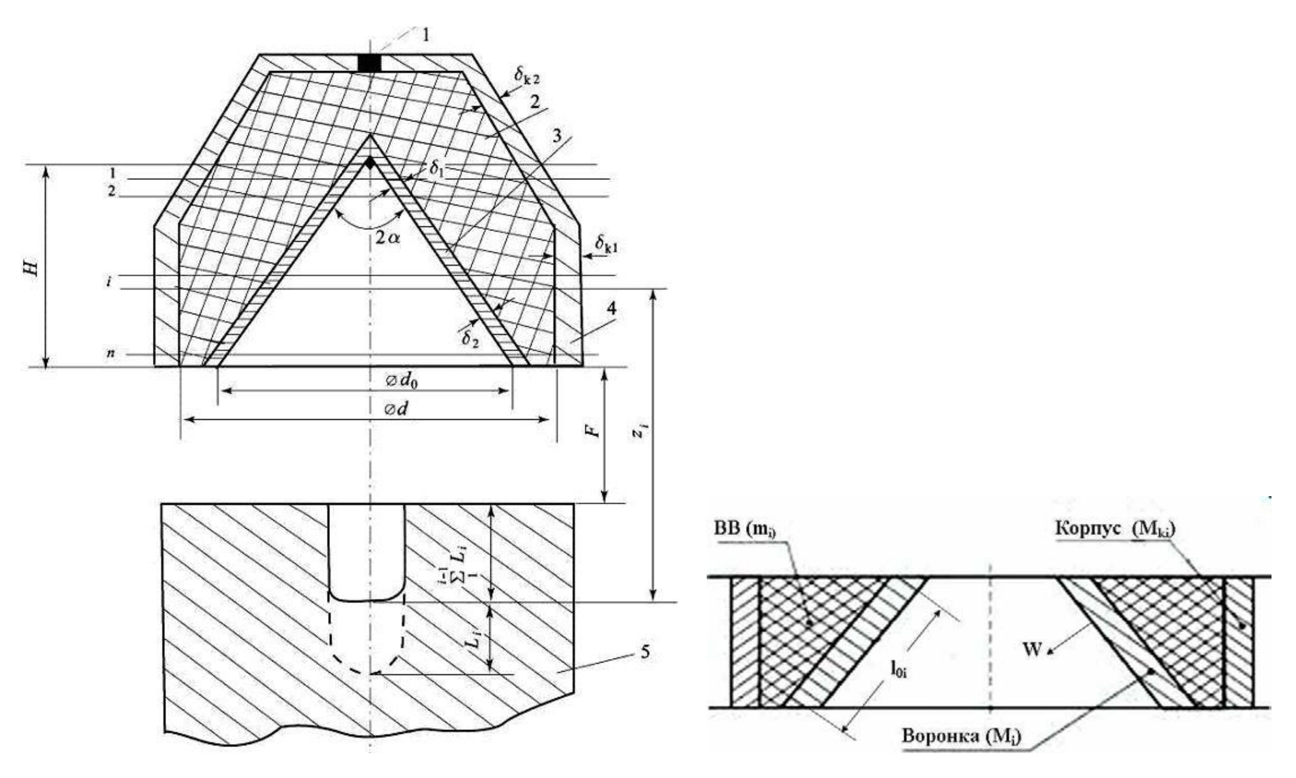


Рис. 4.15. Схема методики расчета кумулятивного заряда и внедрения в преграду: *1* – детонатор, *2* – взрывчатое вещество, *3* – кумулятивная воронка, *4* – корпус, *5* – преграда

Рис. 4.16. Схема i-слоя кумулятивного заряда

Значение угла α_i вдоль облицовки изменяется в процессе соударения. Воронка схлопывается от вершины к основанию со все увеличивающимся углом α_i, который определяется для каждого i-го элемента облицовки.

Диаметр i-го элемента кумулятивной струи определяется по формуле $d_{ji} = 2(M_{ji}/(\pi l_i \rho_j))^{0{,}5}$, где l_i – длина элемента на момент внедрения в преграду. Масса элемента струи определяется по уравнению (4.7).

Скорости КС составляют 1…12 км/с, и при встрече с металлической преградой давление торможения намного превосходит прочность металла. Таким образом, и в этом случае можно применить гидродинамическую модель.

Рассмотрим кинематическую схему проникания i-го элемента КС в преграду (рис. 4.17). При проникании в преграду со скоростью u_i элемент струи срабатывается, подобно струе воды, проникающей в глину. Величина u_i зависит от свойств преграды и струи. Элемент проникает на глубину

L_i (рис. 4.17,*в*), распределяясь по стенкам каверны. Время пробития отверстия равно времени срабатывания струи: $t_i = l_i / (v_{ji} - u_i) = L_i / u_i$. Отсюда

$$L_i = l_i u_i / (v_{ji} - u_i) \ . \tag{4.9}$$

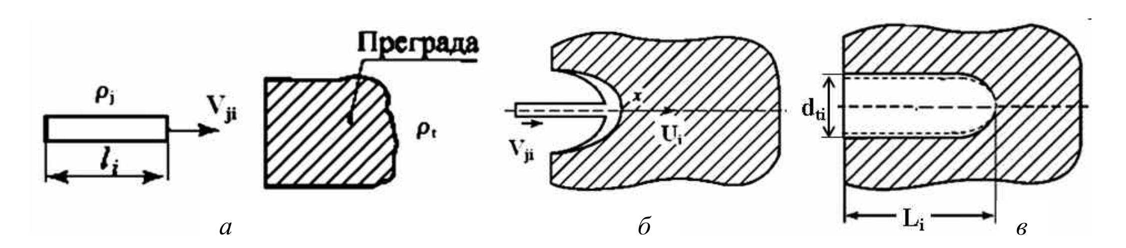


Рис. 4.17. Схема подлета элемента струи к преграде (*а*), внедрения (*б*) и образованной каверны (*в*) с распределением материала элемента по стенкам (штриховая линия)

Простую гипотезу для определения глубины пробития предложил М.А. Лаврентьев. Материал преграды и струи считается несжимаемой жидкостью, так как скорости высоки и прочность большой роли не играет. В общем случае струя и преграда имеют разную плотность. Для центральной линии тока (в точке *x* на рис. 4.17,*в*) справедливо уравнение Бернулли: давление в струе $p_{xji} = \rho_j (v_{ji} - u_i)^2 / 2$, давление в преграде $p_{xti} = \rho_t u_i^2 / 2$, где ρ_t плотность материала преграды. В точке *x* давление справа и слева одинаково:

$$\rho_j (v_{ji} - u_i)^2 = \rho_t u_i^2 \, . \tag{4.10}$$

Решая совместно (4.9) и (4.10), получим формулу Лаврентьева:

$$L_i = l_i (\rho_j / \rho_t)^{0,5} . \tag{4.11}$$

Длина l_i меняется в процессе полёта элемента до преграды вследствие растяжения из-за градиента скоростей. Поэтому надо рассчитывать l_i для каждого *i*-го элемента в момент подлета ко дну каверны: $l_i = l_{0i} + \Delta l_i$, где l_{0i} – длина образующей *i*-го элемента кумулятивной воронки до её схлопывания (см. рис. 4.16). Поскольку головная и хвостовая части *i*-го элемента имеют разные скорости, то элемент за время t_{if} полёта от места его образования до дна пробитого отверстия в преграде на расстояние Z_i увеличивается на величину $\Delta l_i - t_{if} \Delta v_{ji} = Z_i (v_j - v_{j,i+1}) / v_{ji}$.

Растяжение элементов КС идет до определенной степени, после чего они разрываются. Если *i*-й элемент КС в период полёта на расстояние Z_i не разорвался, то его длина определяется из формулы

$$l_i = l_{0i} + Z_i (v_j - v_{j,i+1}) / v_{ji} \quad \text{при} \quad l_i < l_{i\max} \quad \text{и} \quad l_i = l_{i\max} \quad \text{при} \quad l_i > l_{i\max} \, .$$

Кумулятивная струя, которая условно поделена на элементы для отражения изменения ее параметров, при достижении предельного растяжения рвется на фрагменты $l_{i\max} = k l_{0i}$, где k – коэффициент предельного растяжения материала струи. Опытное значение k для меди составляет 15…18.

Суммируя пробитие каждого элемента, получим общую глубину пробития. Абсолютное время внедрения элемента складывается из времен его формирования, полета до дна каверны t_{if} со скоростью v_{ji} и внедрения t_i.

В результате расчета в координатах *x*–*t* строятся траектории полета элементов КС и их последовательного внедрения в преграду. На рис. 4.18 приведены траектории формирования, полета и внедрения в броневую сталь элементов КС с различными скоростями v_j в диапазоне от 9,5 до 2,5 км/с от КБЧ «Конкурс». На сетку траекторий нанесены экспериментальные времена внедрения, что позволяет сравнить их с расчетами в ГД-приближении.

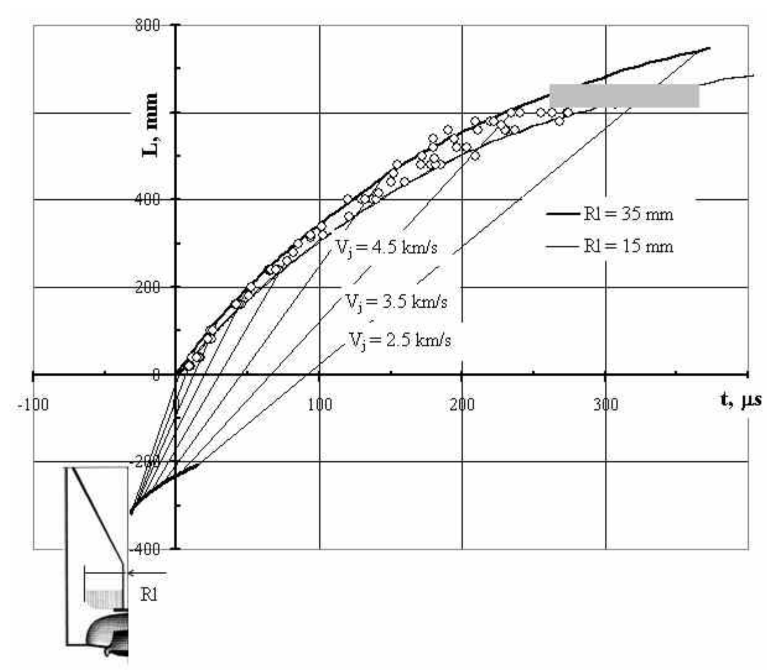


Рис. 4.18. Расчетные траектории внедрения при различных радиусах линзы *R*l и времена внедрения кумулятивной струи от КБЧ «Конкурс» в броневую сталь (о): сплошные кривые – траектории формирования и внедрения КС; тонкие прямые – сетка траекторий полета элементов КС с шаговым обозначением значения скорости; серая область – конечная глубина пробития

4.2.4. Конструктивные особенности кумулятивных зарядов

Формы кумулятивных воронок. В зависимости от характера технических задач, решаемых с помощью КЗ, используются кумулятивные облицовки различной формы (рис. 4.19). Чаще всего это простейшие геометрические формы (рис. 4.19,*а-д*). Цилиндрические облицовки применяют в тех случаях, когда надо получить безградиентную кумулятивную струю, у которой все элементы имеют постоянную скорость (рис. 4.19,*а*). Конические облицовки используют для получения максимальной глубины пробития преграды (рис. 4.19,*б*,*к*). Угол 2α обычно изменяется в пределах 30…60°, оптимальные его значения составляют 40…50°. Часто используют переменную толщину стенок облицовки (рис. 4.19,*к*). Это позволяет увеличить градиент скорости и длину кумулятивной струи. Сферические облицовки используются для получения увеличенного диаметра пробитого отверстия, но при меньшей глубине пробития по сравнению с конической облицовкой. Облицовки с большими углами 2α = 130…150° или сферические сегменты (рис. 4.19,*г*,*д*) используются для формирования из облицовки компактного тела, которое называется ударным "ядром".

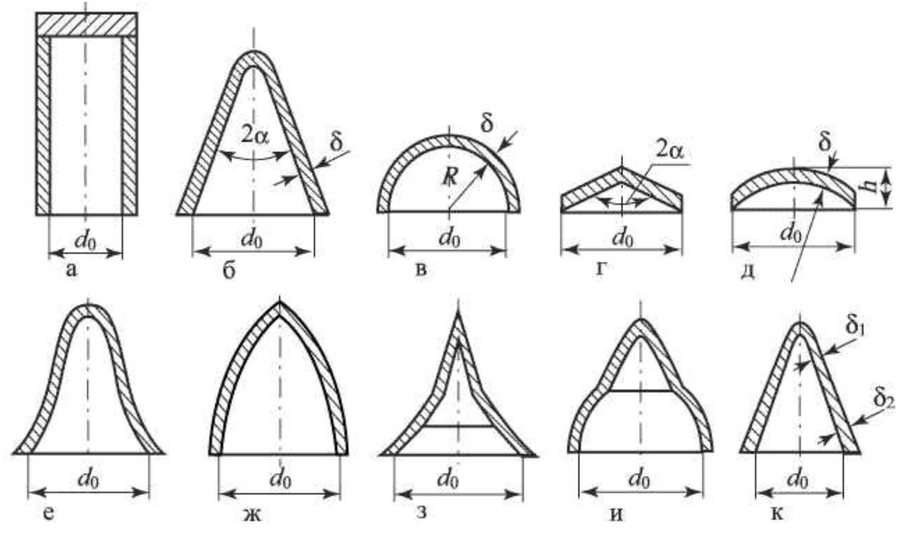


Рис. 4.19. Формы кумулятивных воронок

Скорость ядра составляет обычно 2…3 км/с. Они могут поражать цели на расстоянии до нескольких десятков метров. Рупорообразные и тюльпанообразные облицовки (рис. 4.19,*е*,*ж*), имеющие криволинейные образующие, расширяют возможности управления длиной струи. Их недостаток – сложность в изготовлении. Для решения специфических задач используются комбинированные облицовки (рис. 4.19,*з*,*и*).

Применение линз. Линза увеличивает КПД заряда, она разворачивает детонационную волну на воронку. Без линзы воронка обжимается скользящей детонационной волной, а с линзой – падающей волной (рис. 4.20). Линзы обычно имеют форму цилиндра или усеченного конуса. Материалом для линзы может быть пенопласт, текстолит, дерево и т. п. Обычно её толщина подбирается такой, чтобы детонация не передавалась через линзу. Основной путь детонации должен проходить в обход линзы сбоку.

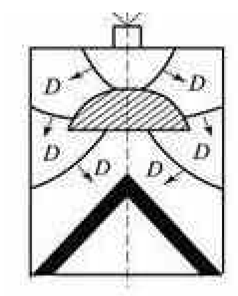


Рис. 4.20. Кумулятивный заряд с линзой на фокусном расстоянии от преграды

Выбор фокусного расстояния. Для кумулятивных зарядов существует оптимальное расстояние от заряда до преграды, называемое фокусным расстоянием F (см. рис. 4.7). При срабатывании заряда на фокусном расстоянии бронепробитие максимально по сравнению с другими вариантами. Для конических зарядов старой технологии обычно $F = 2…3\ d$, где d – диаметр заряда взрывчатого вещества. Для прецизионных зарядов повышенной точности изготовления $F = 6…10\ d$ (см. рис. 4.8).

Наличие фокусного расстояния объясняется рядом причин. После схлопывания элементов кумулятивной воронки и образования элементов струи последние продолжают растягиваться и длина струи увеличивается до тех пор, пока не разрывается на части из-за наличия градиента скорости вдоль струи. То есть фокусное расстояние F должно определяться тем минимальным расстоянием заряда от преграды, при котором КС растянулось до своего предельного значения. Но это справедливо для абсолютно точно изготовленных зарядов, когда все элементы не получают боковых импульсов и летят один за другим точно по оси. В реальном заряде все детали КЗ изготовлены с определённым допуском. Элементы струи получают радиальные скорости и перемещаются не строго по оси, а в некотором конусе (см. рис. 4.6,*е*). Чем больше расстояние КЗ от преграды, тем больше поперечное сечение этого конуса. В результате всё большее число элементов КС попадает в преграду несоосно и не долетают до дна каверны, что ведёт к уменьшению величины пробития. Зависимость фокусного расстояния от точности изготовления заряда вынуждает определять его опытным путём.

Зависимость кумулятивных параметров от технологии и сборки заряда. На действие КЗ сильное влияние оказывают технологические факторы:

а) точность изготовления воронки и качество её материала, её разностенность и соосность с линзой и зарядом ВВ. Недостаточно точное изготовление воронки приводит к тому, что у кумулятивной скорости появляются составляющие, перпендикулярные к оси заряда; в результате различные части струи отклоняются в сторону и эффект действия уменьшается;

б) неодинаковая плотность ВВ в сечениях, перпендикулярных оси заряда. Так, например, при обычном литье заряда ВВ в горизонтальных сечениях заряда сплавов типа ТГ разноплотность достигает 3…5% и скорость детонации в разных точках отличается до 2%. Вибрационное литье специального вида позволяет снизить разброс в скорости детонации в горизонтальном сечении до 20 м/с и пористость до 1…2%;

в) разнотолщинность ВВ в сечениях, перпендикулярных оси заряда;

г) несоосность инициирования;

д) точность изготовления деталей (воронки, линзы, детонатора, наружной оболочки) и сборки КЗ. Отклонение размеров элементов реального изделия от оси должно быть минимальным. Влияние погрешностей на глубину пробития различно, поэтому допуски на отдельные параметры существенно различаются. Так, допуск на разностенность облицовки должен быть в шесть раз меньше, чем на разностенность ВВ, и в 12 раз меньше на корпус КЗ.

4.3. Действие кумулятивного заряда по преграде

4.3.1. Масштабный эффект

Действие кумулятивного заряда по преграде зависит от массы ВВ и от размеров конструкции. Такие основные характеристики, как глубина пробития, диаметр и объем каверны, хорошо масштабируются при действии КЗ любых размеров, если сопоставляются результаты по действию

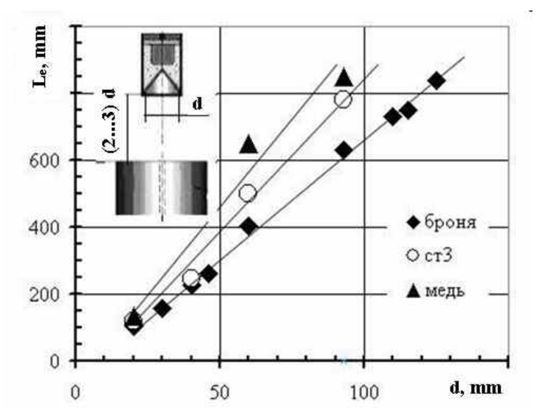


Рис. 4.21. Зависимость пробития металлов от диаметра геометрически подобных кумулятивных зарядов

геометрически подобных зарядов (рис. 4.21). но, что глубина каверны в металле пропорциональна диаметру основания кумулятивной воронки (приблизительно диаметру заряда, калибру КБЧ), а значит, и длине ее образующей. Таким образом, глубина пробития металла различными геометрически подобными КЗ, отнесенная к начальной длине КС, является постоянной. Это позволяет объединять результаты разных по массе ВВ и размеру зарядов, масштабируя их либо по калибру, либо по глубине пробития.

4.3.2. Влияние свойств материала преграды на внедрение

На примере систематических исследований, проведенных в ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН в 1950-х годах, рассмотрим влияние свойств материала преграды на внедрение кумулятивной струи. В табл. 17 и на рис. 4.22 приведено пробитие различных материалов кумулятивной струёй, образованной при взрыве стандартного заряда. Видно что, глубина внедрения зависит прежде всего от плотности материала преграды и в значительно меньшей степени от его прочности.

Таблица 17

Пробитие различных материалов 20-мм кумулятивным зарядом массой 38 г с 30° кумулятивной воронкой из меди и фокусным расстоянием 30 мм

№	Материал	Плотность, г/см^3	Твердость HB (HV), ГПа	Прочность на сжатие, ГПа	Глубина пробития, мм
1	Дуб	0,7	0,26	0,13	240
2	Вода	1	-	-	260
3	ПММА	1,2	0,1	0,14	180
4	Текстолит	1,3	0,32	0,24	220
5	Карбид бора-связка	1,4	-	-	190
6	Песок	1,5	-	-	212
7	SiC-силикон, связка	1,6	-	-	153
7а	Асбестит	1,9	0,3	0,3	150
8	Бетон	2,1	0,13	0,04	152
9	Кварц плавл,	2,2	11	4	80
10	SiC-бакелит, связка	2,3	-	-	170
11	Корунд порист,	2,4	-	-	121
12	Стекло	2,5	5,5	0,8	72
13	Алюм. сплав В-95	2,5	1,56	0,45	150
14	Дюралюминий	2,7	1,0	0,18	160
15	Гранит	2,7	0,7	0,25	120
15а	Базальт	3	0,4	0,14	105
16	Диабаз литой	3,4	1,5	0,5	90
17	Карбид титана	4,4	-	3	92
18	Титан	4,5	1,1	0,7	115
19	Титан, сплав ВТ-2	4,5	3,8	0,9	100
20	Сталь, шарики 2 мм	5	-	-	115
21	Сталь Ст3	7,8	1,37	0,24	95
22	Сталь ХВГ	7,9	3,5	0,8	75
23	Медь М1	8,9	0,45	0,45	130
24	Свинец	11,3	0,06	0,06	83
25	CW-медная связка	12,3	3,3	3,3	76
26	Стеклотекстолит	1,85	1,8	0,3	150
27	Магн. сплав Ма-2	1,8	1,0	0,25	190

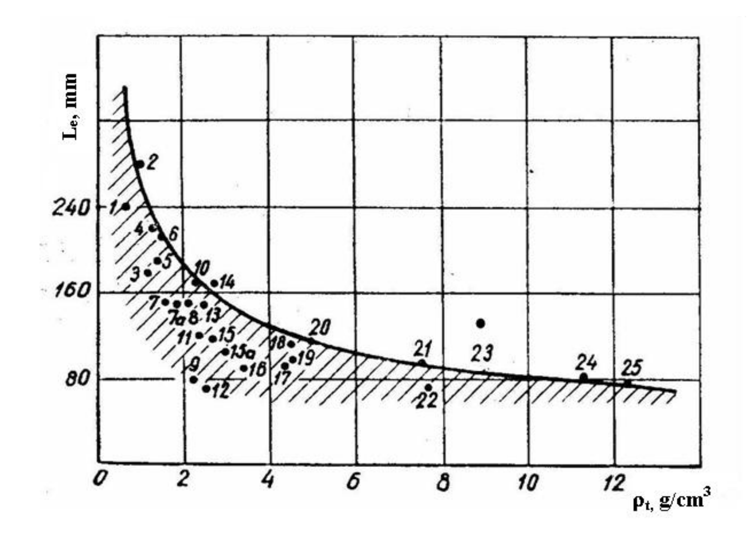


Рис. 4.22. Зависимость глубины пробития преграды (L_e) от плотности материала преграды (ρ_t) по данным табл. 17

Исторически металл считался наилучшей защитой. Совокупность физико-механических, технологических, экономических и практических свойств стали определили ее применение для выполнения несущей конструкции (корпуса), защиты любой подвижной и неподвижной техники. Поэтому наибольший опыт накоплен по пробитию кумулятивными зарядами стальных преград, усовершенствование защитных свойств которых связывали с увеличением прочности, вязкости и пластичности. Наилучшее их сочетание привело к созданию брони и снижению пробития по сравнению со сталью Ст3 на 20 % (рис. 4.22, табл. 17, строки 21 и 22).

В то же время при исследовании фундаментальных свойств материалов при высокоскоростном ударе (падение метеоритов, защита космических аппаратов) было обнаружено, что пробитие кварца, стекла, диабаза, карбида титана, сплавов титана, находится на уровне стали (табл. 17, строки 9, 12, 16, 17, 19). Разнообразные по природе, все они имеют меньшую плотность и повышенную прочность, которая должна оказывать дополнительное сопротивление внедрению. Поэтому гидродинамическая теория кумуляции Лаврентьева была дополнена путем введения в уравнение Бернулли (4.10) прочностного сопротивления [11]:

$$R_t + \rho_t u^2 / 2 = R_j + \rho_j (v_j - u)^2 / 2\,, \tag{4.12}$$

где R_j и R_t – динамическое прочностное сопротивление материалов струи и преграды, соответственно. Тогда (4.11) примет вид $L_i = l_{ji} / ((m / (1 - (1 - mn)^{0,5}) - 1)$, где $m = 1 - \rho_t / \rho_j$ и $n = 1 - 2(R_t - R_j) / (\rho_j v_j)^2$.

При внедрении хвостовых элементов струи прочность преграды играет существенную роль. Более того, существует критическая скорость, меньше которой внедрение невозможно, как это следует из уравнения (4.12) при u = 0. Однако практические оценки критической скорости (табл. 18) гораздо выше. Рассмотрим условия внедрения-истечения хвостовых элементов КС. Объем кратера приближенно можно считать пропорциональным энергии струи и обратно пропорциональным прочности материала преграды. Диаметр отверстия при проникании кумулятивной струи в преграду определяется из условия, что вся кинетическая энергия струи расходуется на образование отверстия. Если известна (из опыта) работа деформирования (вытеснения) единицы объёма материала преграды A_t, то диаметр отверстия в преграде d_{ti} и глубина пробития L_i (рис. 4.17,*в*) связаны уравнением сохранения энергии: $\pi d_{ti}^2 L_i A_t / 4 = M_{ji} v_{ji}^2 = E_{ji}$. Определяя L_i по уравнению (4.11), получим для диаметра каверны $d_{ti} = d_{ji} v_{ji} ((\rho_j \rho_t)^{0,5} / (2A_t))^{0,5}$. Принимая $A_t \sim 2HB_t$ [12], получим для оценки радиуса каверны в материалах с известной твердостью (прочностью) по Бринеллю

$$d_{ti} = d_{ji} v_{ji} ((\rho_j \rho_t)^{0,5} / (4HB_t))^{0,5}\,. \tag{4.13}$$

Т а б л и ц а 18

Экспериментальные критические скорости внедрения КС в преграды

Материал преграды	Материал КС	$v_{j\text{кр}}$, км/с
Сталь закаленная, HRC 50	Сталь	2,2
Сталь, HB= 125	»	2,05
Сталь, HB=125	Дюралюминий	3,3
Дюралюминий, HB=115	»	2,9
Сталь прочная	Медь	3
Бетон	»	1,5
Песок	»	1
Мрамор	»	1,6
Известняк	»	1,5
Песчаник	»	1,3
Бетон	Сталь	1,9
Лед	Медь	1,8
Грунт мерзлый	Сталь	1

Значения удельной работы деформирования *A* для ряда металлов приведены в табл. 19.

Для нормального внедрения необходимо, чтобы диаметр каверны d_{ti} был больше $2^{0,5}$ d_{ji}, чтобы обеспечить свободное истечение материала струи из каверны (см. рис. 4.17,*б*). Подставляя это соотношение в последнее уравнение, получим выражение для критической скорости внедрения:

$$v_{\text{кр}} = (2/((\rho_j \rho_t)^{0,5}/(4HB_t)))^{0,5}. \quad (4.14)$$

Т а б л и ц а 19

Характеристики металлов преграды

Характеристики материала преграды	Железо	Дюралюминий	Медь	Алюминий	Свинец
Плотность, г/см^3	7,85	2,8	8,9	2,7	11,34
Твердость по Бринеллю *HB*, ГПа	0,9	1,1	0,45	0,3	~0,05
Удельная работа деформирования *A*, ГПа	2,8	2,2	1,2	0,83	~0,1

Величины $v_{\text{кр}}$ по уравнению (4.14) приближаются к экспериментальным значениям (см. табл. 18).

Так как $v_{\text{кр}} > v_{j\min}$, то часть элементов хвостовой части КС не может увеличить глубину внедрения. Проанализируем данные табл. 17 с целью выделить эффективную длину кумулятивной струи в соответствии с уравнением Лаврентьева (4.11), т.е. в зависимости от приведенной плотности (рис. 4.23). Видно, что длина струи от одинакового КЗ, осуществляющая пробитие материала, разная для пластичных (металлов) – 90 мм и непластичных материалов – 63 мм (соответственно коэффициенты наклона прямых на рис. 4.23). Максимальная длина струи реализуется при пробитии меди около 130 мм. Уменьшение эффективной длины КС, связанное с сокращением числа хвостовых элементов, осуществляющих пробитие в направлении оси действия, происходит из-за прочностных потерь (прочность преграды не позволяет сформировать каверну с диаметром, не препятствующим свободному истечению отработанных хвостовых элементов КС) и радиальных потерь (элементы КС расходуются на стенках каверны). Чтобы определить долю элементов, неэффективно расходуемых на стенках каверны, необходимо учитывать формирование КС, неустойчивость ее движения, разрыв на отдельные элементы, их радиальное расхождение. Частично это учитывается в изложенной выше инженерной методике и далее будет сопоставлено с экспериментальными результатами по измерению траектории внедрения.

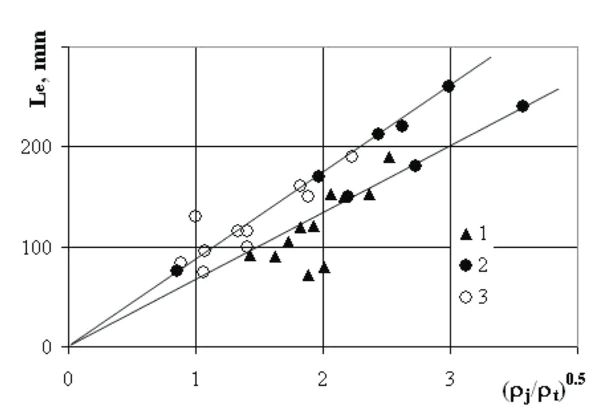


Рис. 4.23. Пробитие различных групп материалов по данным табл. 17: *1* – непластичные материалы; *2* – пластичные материалы и жидкости; *3* – металлы

4.3.3. Кинетика внедрения КС в преграду

Для прогнозирования поражающего действия КБЧ и защитных свойств преграды испытание на конечную глубину пробития является необходимым, но недостаточным. Кинетические данные в виде развития внедрения во времени существенно расширяют информацию о физическом процессе, особенно если сравниваются с его моделированием.

Внедрение рассчитывалось учетом прочностного сопротивления деформированию материалов струи и преграды по уравнению (4.12) – ГД-приближение.

На рис. 4.24 приведено сравнение времен внедрения КС от лабораторного заряда массой ВВ 40 г с диаметром воронки 20 мм в медь с расчетом. Времена внедрения определялись с помощью контактных датчиков, расположенных между пластинами материала преграды. Материал струи и преграды одинаковый, медь малопрочная и пластичная. Результаты пробития совпадают с расчетом вплоть до окончания, определяемого длиной струи из условия преодоления прочности материала воронки при образовании струи. Пест не доходит до дна каверны, застревая примерно посередине ее глубины. Результаты по внедрению в медь свидетельствуют о значительном (более чем в 15 раз) удлинении КС.

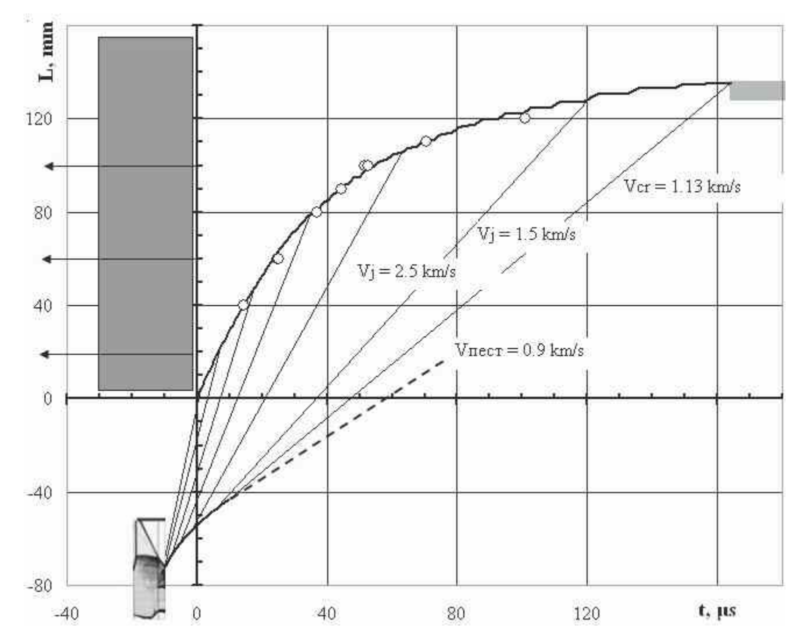


Рис. 4.24. Экспериментальные времена внедрения кумулятивной струи от КЗ диаметром 20 мм в медь (о) и расчетные траектории: штриховая линия – траектория движения песта; стрелки показывают размещение контактных датчиков в преграде; остальное – как на рис. 4.18

Уменьшение глубины пробития стали обусловлено влиянием прочности через прочностное сопротивление внедрению, критическую скорость внедрения, уменьшение диаметра каверны и увеличение доли расхода струи на ее стенках. На рис. 4.18 приведены времена внедрения кумулятивной струи от КБЧ «Конкурс» в броневую сталь (о) и расчетные траектории внедрения при различных радиусах линзы *R*l. Видно, что экспериментальный массив описывается сверху внедрением КС, сформированной линзой радиусом 35 мм (реальный размер), и снизу с радиусом 15 мм. Это отражает неустойчивую работу линзового узла, когда возможно преждевременное инициирование ВВ под линзой ударной волной, проходящей по толщине линзы (см. рис. 4.14, 10 мкс). Кумулятивный заряд спроектирован на пробитие ~ 700 мм, но технологические погрешности (недопрессовка заряда ВВ, наличие пустот на границах раздела и т.д.) приводят к снижению порога инициирования и преждевременной детонации заряда под линзой. При этом снижается угол подхода детонационного фронта к кумулятивной воронке, падают параметры схлопывания и скорость струи. Уменьшается и глубина пробития в среднем до 630 ± 15 мм.

Несмотря на разброс экспериментальных результатов можно сделать следующие общие выводы:

– внедрение в металлы имеет последовательный характер, расчет согласуется с экспериментом почти до самого окончания внедрения (600 мм);

– внедрение заканчивается при скоростях (3,3…2,8 км/с), превышающих критическую скорость (для броневой стали $v_{кр}$ = 2,1 км/с);

– значительная часть «хвостовых» элементов, обладающая пробивной способностью (v_{ji} > 2,1 км/с), не доходит до дна каверны и не участвует в увеличении глубины пробития. Эти элементы оседают на стенках уже образованной каверны, т.е. расходуются в радиальном направлении;

– доля неэффективно работающей части КС достигает 20…30%.

Таким образом, прочность материала преграды влияет на пробитие через гидродинамическую составляющую сопротивления прониканию в модифицированном уравнении Бернулли (4.12), через критическую скорость проникания, обеспечивающую свободное истечение отработанного материала струи, через радиальное взаимодействие хвостовых элементов струи со стенками каверны, радиус которой зависит от прочности материала каверны.

4.3.4. Особенности внедрения в хрупкие материалы

Результаты пробития непластичных материалов значительно отличаются от прогнозов по формуле Лаврентьева (см. рис. 4.23). Так, стекло дает глубину пробития на уровне брони (табл. 17, строка 12)! В целом непластичные материалы обладают повышенной способностью поглощать КС. В еще большей степени это проявляется для высокопрочных хрупких материалов (ХМ): керамик, стекол, стеклоподобных материалов (их параметры приведены в табл. 20).

Т а б л и ц а 20

Параметры хрупких материалов

Наименование, размер пластин материала, мм	Плотность, ρ_t, кг/м^3·10^{-3}	Скорость упругих волн, км/с		Микротвердость (алмазная пирамида) H_V, ГПа	Динамическое сопротивление, R_t, ГПа
		C_l	C_t		
Карбид кремния	3,0	11,1	6,8	17	5
Корунд	3.8	19.3	7.4	19	8
Силикатное стекло	2,5	5,86	3,57	5,5	6
Ситалл	2,4	6,38	3,73	8,4	4

Данный факт был проверен при воздействии КЗ различного калибра на комбинированную преграду «ХМ–сталь», содержащую слой из пластин ХМ T_{bm} (рис. 4.25, 4.26). Видно, что до некоторой оптимальной толщины слоя ХМ (T_{bmopt}) конечная глубина внедрения L_e уменьшается и заведомо меньше пробития сплошной стальной преграды. Это послужило обоснованием для применения керамики в композиционной броне танков.

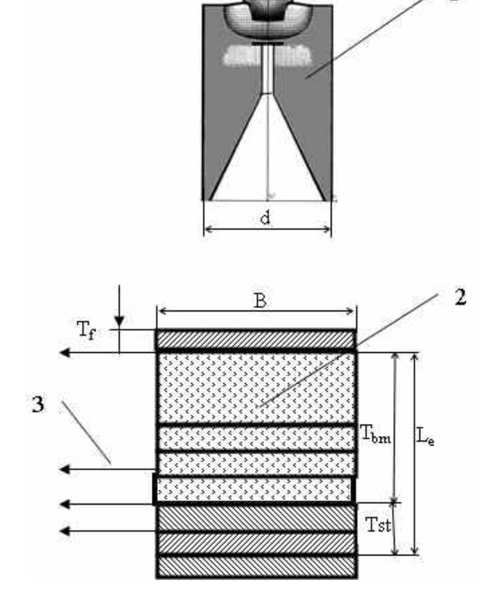


Рис. 4.25. Схема испытаний комбинированной преграды «ХМ–сталь»: *1* – кумулятивный заряд; *2* – слои хрупкого материала общей толщиной T_{bm} с поперечным размером *B*, расположенные между лицевым T_f и тыльным слоем стали T_{st}; *3* – контактные датчики

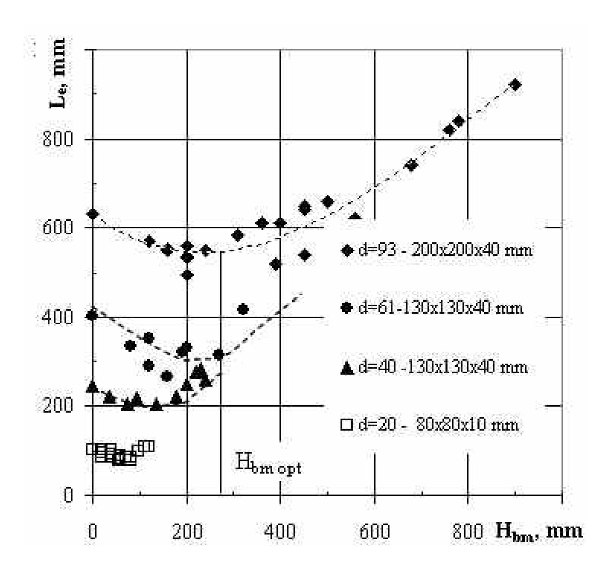


Рис. 4.26. Глубина пробития (L_e) комбинированной преграды в зависимости от толщины слоя T_{bm} из пластин корунда различного поперечного размера для кумулятивных зарядов диаметром 93, 61, 40 и 20 мм

При исследовании кинетики внедрения КС в стекло (рис. 4.27) было обнаружено [13], что экспериментальные значения времен внедрения, начиная с некоторого момента, отклоняются от ГД-приближения *1* в сторону увеличения. Формально это отражало бы увеличение сопротивления прониканию, что невозможно. Более того, на уровне ~ 50 мм наблюдается временное прекращение внедрения и дальнейшее его возобновление. Аналогично выглядит кинетика внедрения в ситалл, карбид кремния, корунд. Конечная глубина внедрения L_e составляет 95 ± 5 мм для стекла и ситалла, 72 ± 10 мм – для карбида кремния и корунда, что меньше глубины проникания в стальную преграду (104 мм) и подтверждает эффективность ХМ при поглощении КС.

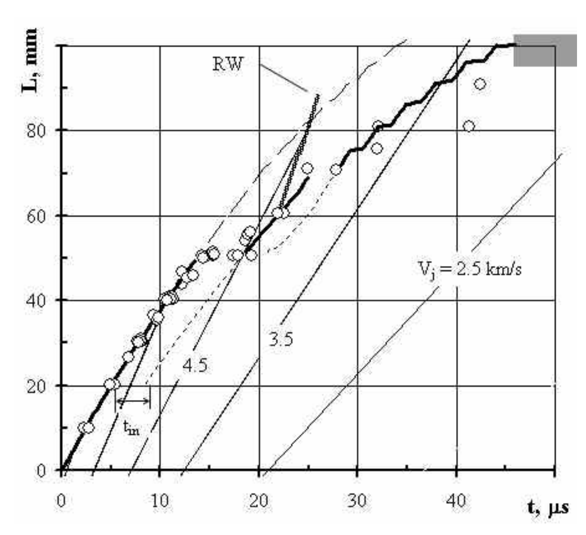


Рис. 4.27. Экспериментальные времена (о) внедрения кумулятивной струи в стекло, расчетные траектории внедрения: крупный штрих – ГД-приближение, сплошная кривая – первичное внедрение; мелкий штрих – вторичное внедрение; RW – траектория движения боковой волны разгрузки по оси внедрения; остальные обозначения – как на рис. 4.18

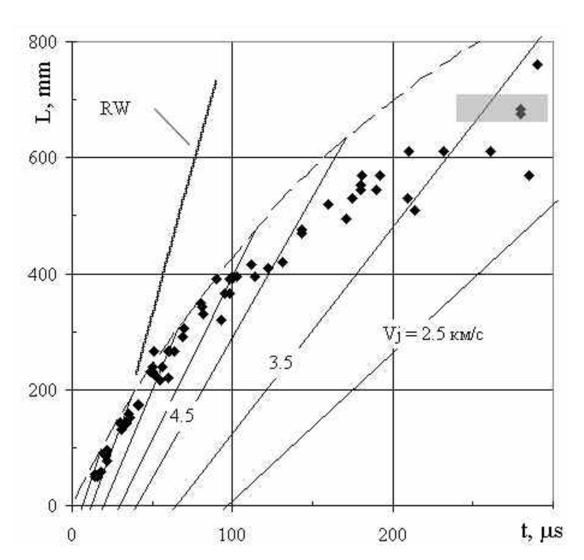


Рис. 4.28. Внедрение в корунд КС от КБЧ «Конкурс»: штриховая линия – расчет в ГД-приближении с учетом прочности корунда

Указанные особенности объясняются радиальным действием каверны в хрупком материале на КС. Возможность такого действия обусловлена схлопыванием стенок каверны и относительно малым соотношением диаметров струи и каверны в ХМ (см. (4.13)). Схлопывание каверны происходит за время t_{in} и отсекает головную часть струи, которая обеспечивает начальное первичное внедрение. Момент излома траектории свидетельствует об окончании внедрения головной части КС. При продолжающемся поступлении элементов КС появляется возможность вторичного внедрения на схлопнувшемся материале каверны. При выходе вторичного проникания в непробитый материал восстанавливается первичное внедрение и процесс может повторяться до окончания поступления элементов КС.

Это идеальная схема. В действительности при ограниченных размерах пластин ХМ проявляется влияние боковых волн разгрузки, которые при опережении зоны внедрения образуют трещины и поры в материале. При этом ХМ теряет прочность, и при последующем внедрении схлопывание стенок каверны отсутствует, вторичное внедрение прекращается.

Как видно из рис. 4.27, при поперечном размере пластин B = 80 мм для стекла проявляется до двух периодов скачкообразного внедрения. Для высокомодульных карбида кремния и корунда раннее опережение волной разгрузки зоны внедрения приводит к отсутствию второго периода схлопывания вследствие разрушения материала впереди зоны проникания.

На рис. 4.28 приведена аналогичная кинетика внедрения в корунд КС от КБЧ «Конкурс» при B/d = 2…3, что подтверждает сохранение радиального воздействия при изменении масштаба.

Характер зависимости пробития комбинированной преграды от толщины керамического слоя объясняется разнонаправленным действием двух факторов: вторичным внедрением при схлопывании каверны в хрупком материале и влиянием боковой волны разгрузки на разрушение материала впереди зоны внедрения.

Основные особенности внедрения КС в хрупкие материалы:

– внедрение головных элементов кумулятивной струи инициирует вторичную реакцию материала преграды только за счет энергии струи и прочности ХМ;

– высокая скорость разрушения ХМ определяет быстроту вторичной реакции в виде схлопывания каверны на срединные элементы КС;

– преодоление схлопнувшегося материала приводит к вторичному прониканию по разрушенному материалу;

– при длительном поступлении КС процесс может повторяться по глубине каверны в виде периодического (скачкообразного) процесса;

– разрушения в объеме хрупкой преграды, обусловленные приходом волны разгрузки с внешних поверхностей (боковые и торцевая), прекращают активное схлопывание каверны, и проникание лимитируется только инерционной составляющей сопротивления внедрению. Поэтому хрупкие материалы эффективно работают при больших поперечных размерах ($B/d > 4$) или в оптимальной толщине при ограниченных поперечных размерах;

– при отсутствии влияния боковой волны разгрузки окончание внедрения определяется критической скоростью свободного истечения КС. Для высокомодульных ХМ она составляет 3…3.5 км/с, что выше критических скоростей высокопрочных металлов;

– доля элементов, расходуемых неэффективно, достигает 50…60 % при внедрении в керамики и стекла.

4.3.5. Внедрение КС в преграду с жидкостью в ячейке

Применение материалов повышенной прочности в качестве защиты приводит к увеличению доли элементов КС, не участвующих в увеличении глубины пробития. В металлах это «намазывание» хвостовых элементов КС на стенках каверны, в хрупких материалах – преодоление схлопывающихся стенок каверны на КС и дальнейший повышенный расход возмущенной (расстроенной) КС.

Как было показано В.Л. Истоминым, В.И. Лаптевым и Ю.А. Тришиным (1967), быстрое радиальное воздействие на КС можно получить за счет конструктивного оформления при внедрении в жидкость, находящуюся в стальной ячейке.

На рис. 4.29 и 4.30 приведены схема опыта и глубины пробития преград «сталь–ячейка» с водой при действии различных КБЧ. Видно, что вода в ячейке снижает глубину пробития комбинированной преграды по сравнению с однородной стальной. Такая эффективность наблюдается до определенной глубины ячейки. Дальнейшее ее увеличение приводит к увеличению пробития, но габарит стальной преграды достигается при достаточно большой величине водяного слоя. Характер зависимости подобен изменению пробития комбинированной преграды, содержащей слой ХМ, несмотря на принципиальную разницу физико-механических характеристик наполнителя.

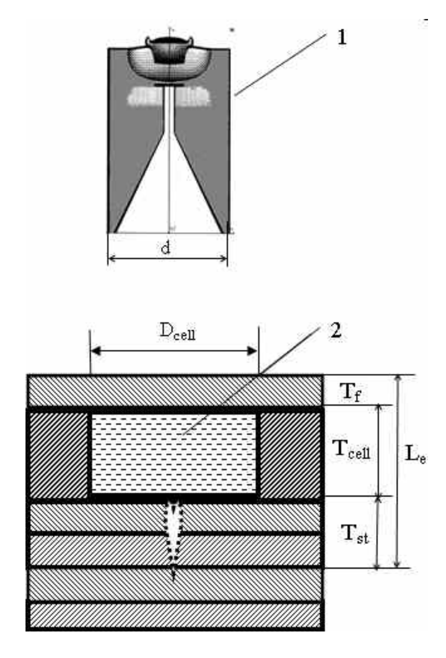


Рис. 4.29. Схема испытаний комбинированной преграды: *1* – кумулятивный заряд; *2* – преграда «сталь–ячейка с жидкостью–сталь»

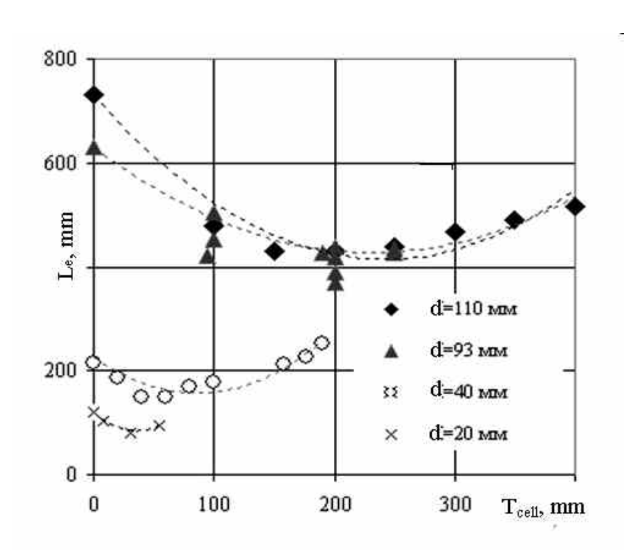


Рис. 4.30. Глубина пробития L_e преграды «сталь–ячейка с водой–сталь»в зависимости от толщины слоя воды T_{cell} из для кумулятивных зарядов диаметром 110, 93, 40 и 20 мм

При сверхзвуковом внедрении в жидкость кинетическая энергия внедряющегося элемента струи идет на образование каверны и ударной волны в жидкости (рис. 4.31). После внедрения жидкость разгружается в образовавшуюся каверну, в ней образуются и растут поры, заполняющиеся парами жидкости. Ударная волна отражается от стенок ячейки. Возвращаясь в область каверны, она вызывает схлопывание пор с образованием микрокумулятивных струй.

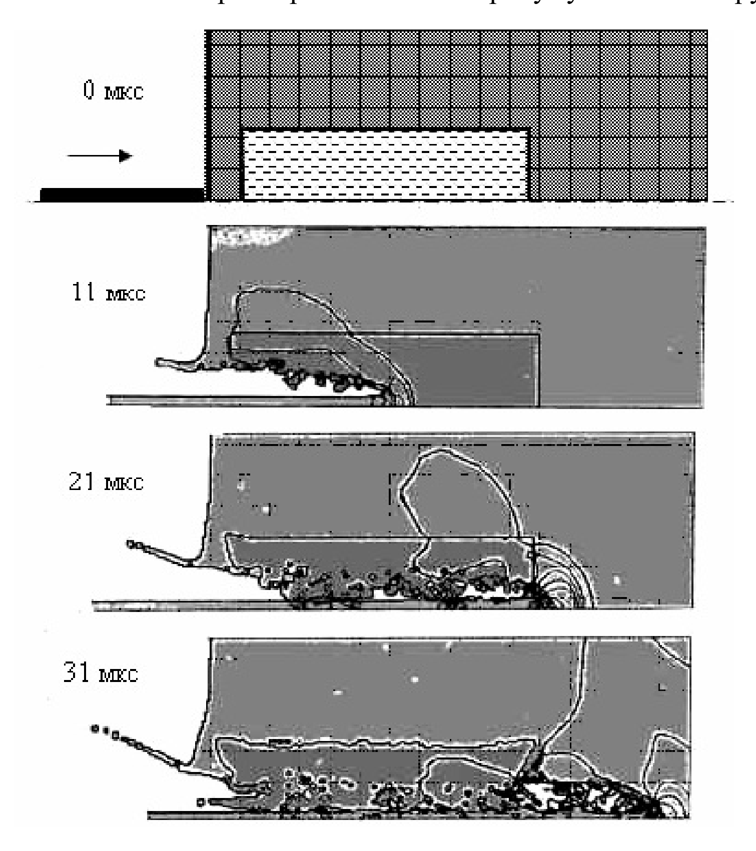


Рис. 4.31. Численное моделирование внедрения КС от КБЧ «Конкурс» в ячейку с водой на моменты внедрения 0, 11, 21, и 31 мкс

Для жидкости в ячейке доминирующим фактором является диаметр ячейки, действие которого неоднозначно. Он определяет время прихода отраженной от стенок ячейки УВ с последующим радиальным действием на КС. Чем больше диаметр ячейки, тем большая часть КС испытает возмущающее действие схлопывающейся жидкости, но тем меньше будет интенсивность этого воздействия. Толщина стенки ячейки сказывается при достаточно малых размерах. Оптимальная толщина (глубина) лимитируется энергией кумулятивной струи, которая расходуется на образование ударной волны в жидкости. Интенсивность ударной волны должна быть достаточно высокой, чтобы инициировать разложение жидкости и эффективно схлопывать газовые полости. По мере внедрения энергия элементов КС резко уменьшается, что приводит к прекращению разложения жидкости в ячейке.

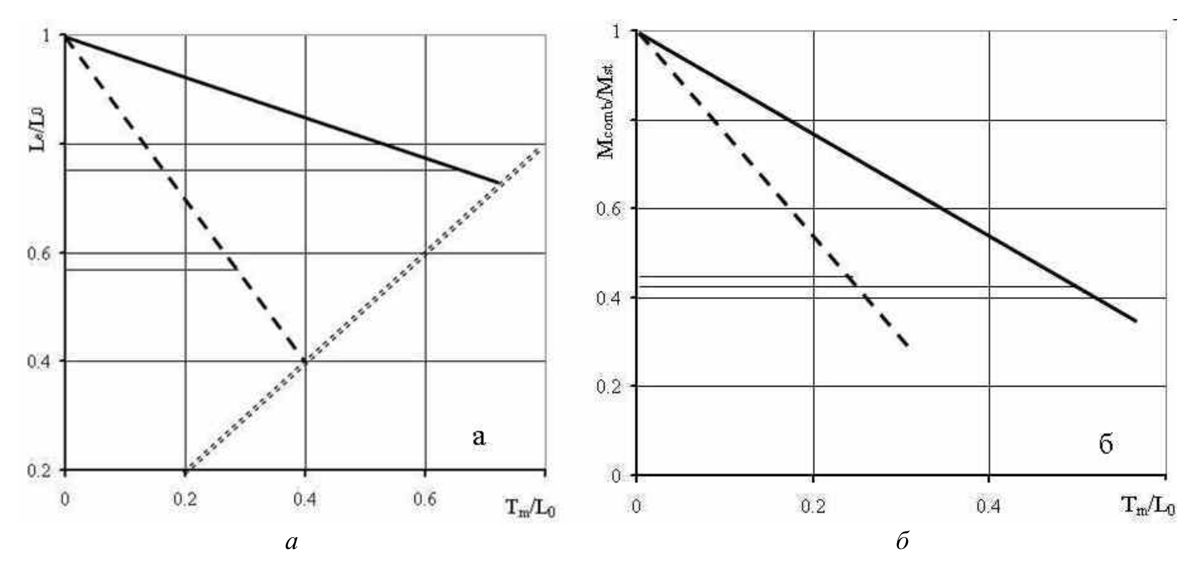
Ячеистая композиционная броня с полимерным наполнителем реализована для лобовой брони танков. Простота конструктивного оформления такой комбинированной преграды и ее эффективность позволяют распространить ее на защиту гражданских транспортных объектов от поражения КБЧ.

4.3.6. Сравнение противокумулятивной способности комбинированной преграды с хрупкими материалами и ячеистой защитой

Единый подход к пониманию повышенной струегасящей способности различных материалов и конструкций основывается на действии вторичных реакций преграды на кумулятивную струю. В отличие от первичных реакций непосредственно в зоне внедрения (уравнение Бернулли) вторичные проявляются после внедрения в виде радиальных возмущений. Эффективность вторичных реакций на КС определяется временем задержки, длительностью и интенсивностью действия.

Хрупкие материалы дают малое время задержки и периодичность действия при отсутствии волн разгрузки. Жидкость в ячейке демонстрирует длительность действия и существенный дестабилизирующий эффект.

На рис. 4.32 приведены габаритные (L_e) и массовые (M_{comb}) характеристики (масса на единицу площади) комбинированной преграды с ХМ и ячейками с жидкостью при плотной упаковке по площади. Видно, что жидкость в ячейке обеспечивает меньший габарит комбинированной преграды по сравнению с хрупким материалом (уменьшение на 40 и 30% по сравнению с гомогенной стальной преградой, соответственно). Снижение массовой характеристики комбинированной преграды при оптимальной толщине наполнителя (T_m) одинаково для хрупких материалов и ячеек с жидкостью и составляет ~ 50% от массы равностойкой стальной преграды. Ячеистая преграда по массово-габаритным характеристикам превосходит комбинированную с хрупким материалом и обладает большей живучестью при многократном поражении.



а *б*

Рис. 4.32. Сравнение эффективности наполнителя в комбинированной стальной преграде по габариту (*а*) и по массе (*б*) на единицу площади защиты: сплошная линия – наполнитель хрупкий материал; штриховая – наполнитель вода в ячейке; двойной пунктир – линия полного поглощения наполнителем; тонкие линии – реализованные минимальные параметры противокумулятивной стойкости комбинированных преград; T_m – толщина наполнителя, L_0 – пробитие броневой стали

4.3.7. Внедрение в активные материалы

Наиболее мощным по воздействию на КС является синхронизированный с внедрением подрыв ВВ. В зависимости от поставленной цели дополнительный источник энергии может способствовать основному внедрению (например, предзаряд в виде КЗ меньшего калибра (тандемный КЗ) производит предразрушение керамической преграды, после чего внедрение основной КС идет в материал лишенный прочности), устранять, ослаблять, дестабилизировать основное внедрение КС путем метания на струю металлической пластины, как это происходит в динамической защите. На сегодняшний день ДЗ с успехом применяется как первая ступень композиционной брони танков.

Рассмотрим прямое действие продуктов разложения активных веществ на КС. Схема эксперимента аналогична исследованию прохождения КС ячейки с жидкостью (рис. 4.33). Вместо инертной жидкости, разложение которой идет с поглощением энергии, ячейка заполнена активным веществом, способным к разложению с выделением энергии. В качестве активного вещества может быть ВВ, порох, смесь окислителя с горючим и т.д. На примере применения ВВ в составе комбинированной защиты наиболее ярко проявляется изменение эффективности поглощения КС в зависимости от различных механизмов воздействия.

При заключении активного вещества в ячейку ($T_{cell} > D_{cell}$), которое разлагается (газифицируется) от внедрения высокоскоростных элементов КС, дестабилизирующее воздействие на струю идет через газовую фазу и эффективность уменьшения тыльного слоя стали (T_{st}) от толщины ВВ (T_{HE}) находится на уровне ячейки с жидкостью (линия *1*). При размещении активного вещества под достаточно тонким лицевым слоем стали при $T_{HE} << D_{HE}$ (аналог динамической защиты) можно достичь максимальной эффективности (наклон линии *2*) по поглощению КС за счет набегания

метаемого лицевого стального слоя на подлетающие элементы КС. Определение оптимальных соотношений в конструкции является отдельной задачей, решение которой зависит от четкого понимания процессов, происходящих при высокоскоростном внедрении.

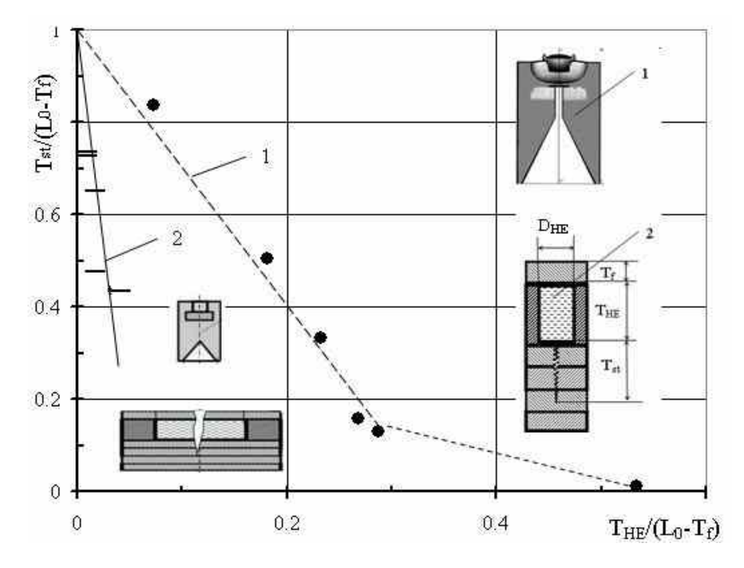


Рис. 4.33. Пробитие тыльного стального слоя в зависимости от толщины слоя ВВ T_{HE}:
1 – аналог динамической защиты; *2* – аналог ячейки; L_0 – пробитие броневой стали

4.4. Развитие защиты лобовой брони танка

Вышеописанные примеры отражают основные направления, применяемые для усовершенствования лобовой брони башни танка, которая должна держать курсовое воздействие кумулятивного (КБП) и подкалиберного стержневого (СБП) боеприпаса. В табл. 23 приведены схемы исполнения башни основных боевых танков по истории их создания с применением хрупких материалов, полимеров в ячейках и слоях в составе композиционной брони.

Т а б л и ц а 23

Основные тенденции в развитии защиты башни танка

Модель танка	Состав башни	Компоновка	Габарит стойкости к поражению, м	
			БПС	КБП
Т-64Б 1976 г.	Сталь/корунд/сталь		0.5	0.6
«Булат» 1989 г.	+ ДЗ		0.95	1.2
Т-72Б 1985 г.	Слойка (сталь/резина/зазор)		0.54	0.9
	+ ДЗ		0.74	1.1
Т-80У 1985 г.	Ячейки с полиуретаном в стальной матрице	элемент динамической защиты; ячейки; матрица	0.78	1.2
	+ ДЗ		0.86	1.3
Т-90 1993 г.	Сварная конструкция Слойка		0.55	0.65
	+ ДЗ		0.75	1.1

Рост поражающей способности боеприпасов привел к сочетанию композиционной брони с навесной динамической защитой с применением ВВ (ДЗ), что на определенный период позволило увеличить габарит стойкости и успешно противостоять монобоеприпасу. Но появление тандемных КБП и СБП с кумулятивным предзарядом для вскрытия динамической защиты поставило новые задачи по защите БТТ. Они решаются локально постановкой двойной ДЗ и, в основном, комплексной защитой танка с применением активной защиты и разрушением боеприпаса на траектории подлета. Таким образом, противостояние нападения и защиты продолжается.

Контрольные вопросы

1. *Формы взрывчатого разложения. Примеры реализации.*
2. *Качественное отличие кумулятивного боеприпаса от других боеприпасов с ВВ.*
3. *Основные предпосылки и выводы гидродинамической теории кумуляции.*
4. *Постановка задачи о действии кумулятивного заряда и методы ее решения.*
5. *Основные узлы кумулятивного заряда и их влияние на формирование кумулятивной струи и ее действия по преграде.*
6. *Высокие технологии в изготовлении кумулятивного боеприпаса.*
7. *Масштабный эффект действия кумулятивного заряда.*
8. *Особенности внедрения в прочные материалы.*
9. *Конструктивные особенности ячеистой преграды.*
10. *Внедрение кумулятивной струи в активные материалы.*

Библиографический список

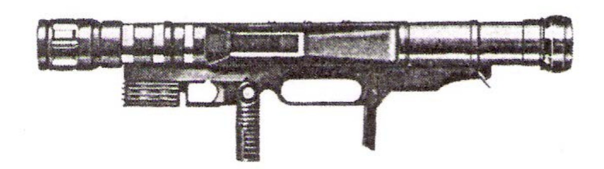
1. *Теория* и конструкция танка. Т. 10, кн. 2. Комплексная защита. М. Машиностроение. 1990. 208. С. 14 – 18 с.
2. *Устьянцев С.*, Колмаков Д. Боевые машины Уралвагонзавода. Танки 60-х. Н.-Тагил: Медиа-принт, 2007. 214 с.
3. *Устьянцев С.*, Колмаков Д. Боевые машины Уралвагонзавода. Танк Т-72. Н.-Тагил: Медиа-принт, 2004. 200 с. 157 с.
4. *Устьянцев С.*, Колмаков Д. Боевые машины Уралвагонзавода. Танк Т-34. Н.-Тагил: Медиа-принт, 2005. 231 с. 36 с.
5. *Направления* развития комплексов вооружения и защиты зарубежной бронетанковой техники: Обзор по материалам зарубежной информации. СПб.: ВНИИТРАНСМАШ, 2006. 35 с. 28 с.
6. *Балаганский И.А.*, Мержиевский Л.А. Действие средств поражения и боеприпасов. Новосибирск: НГТУ, 2004. 406 с.
7. *Лови А.А.* [и др.]. Отечественные противотанковые гранатометные комплексы. М. Восточный горизонт, 2001. 65 с.
8. *Широкорад А.Б.* ПТУР первого поколения // Техника и оружие. 2000. №10.
9. *Широкорад А.Б.* Энциклопедия ракетного оружия. 1817 – 2002 гг. М., 2003. 544 с.
10. *Физика* взрыва /Под ред. Л. П. Орленко. 3-е изд, испр. М.: Физматлит, 2004. 1488 с.
11. *Лазарев В.Б.* [и др.]. Структурная устойчивость и динамическая прочность неорганических материалов. М.: Наука, 1993. 175 с.
12. *Баллистические* установки и их применение в экспериментальных исследованиях /Под ред. Н.А. Златина и Г.И. Мишина. М.: Наука, 1974.
13. *Румянцев Б.В.* Кинетика внедрения кумулятивной струи в хрупкие материалы // ЖТФ. 2009. Т. 79. Вып. 6. С. 28-32.

П Р И Л О Ж Е Н И Е*

РУЧНЫЕ ПРОТИВОТАНКОВЫЕ ГРАНАТОМЕТЫ

«Армбруст»

Бельгия/Германия



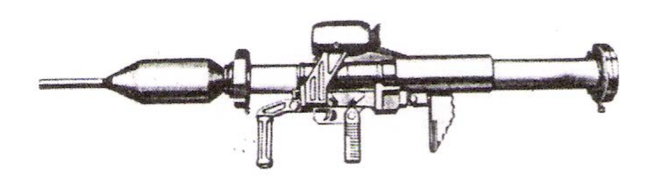
Разработан в начале 1970-х гг. Гранатомет одноразового использования, поставляется для вооружения спецподразделений. При выстреле не демаскирует стрелка звуком и пороховыми газами: метательный заряд сгорает в замкнутом объеме ствола между двумя поршнями. При этом передний поршень при движении выталкивает гранату, а задний – так называемую «противомассу» (5000 пластмассовых шариков). При достижении крайних положений поршни блокируются, предотвращая прорыв пороховых газов. Ствол гранатомета снабжен ударно-спусковым механизмом с пистолетной рукояткой.

Тактико-технические характеристики

Калибр ствола, мм	78
Калибр гранаты, мм	67
Масса гранатомета (снаряженный), кг	6,3
Масса гранаты, кг	0,99
Длина гранатомета, мм	850
Начальная скорость гранаты, м/с	220
Бронепробиваемость, мм	300
Прицельная дальность, м	300

«Панцерфауст-3»

Германия



На вооружении с 1987 г. Состоит из снаряженного пускового устройства и присоединенного к нему стреляющего устройства. Задняя часть пускового устройства заполнена «противомассой» − пластмассовыми шариками. При выстреле граната и «противомасса» разлетаются в разные стороны, благодаря чему отдача практически отсутствует. Затем стреляющее устройство устанавливается на новом ПУ. Основное достоинство такой конструкции – сокращение опасной зоны за гранатометом с 20…30 м до 10 м, что позволяет использовать его в закрытых помещениях.

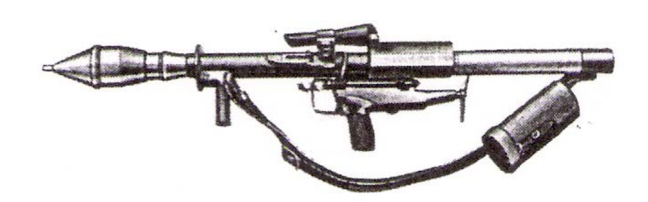
Тактико-технические характеристики

Калибр ствола, мм	60
Калибр гранаты, мм	110
Масса гранатомета, кг	12
Масса гранаты, кг	3,6
Длина гранатомета, мм	1200
Начальная скорость гранаты, м/с	165
Бронепробиваемость, мм	400
Скорострельность, выстр./мин	3
Прицельная дальность, м	300-500

* Изложенный в приложении материал заимствован из кн.: В.Н. Шунков «Ракетное оружие». Минск.: ООО «Попурри», 2003. 544 с.

44-2A1 «Лянце»

Германия



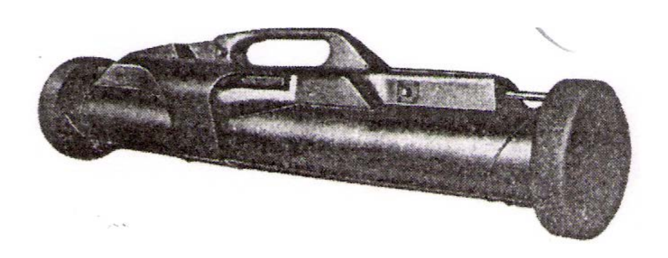
На вооружении с 1975 г. Предназначен для поражения танков и других бронированных целей. Стрельба ведется реактивной гранатой, стабилизируемой в полете раскрывающимся оперением. Граната с кумулятивной боевой частью имеет бронепробиваемость 370 мм. Гранатомет заряжается с дула, стрельба ведется с плеча. Использование оптического прицела позволяет стрелку со средним уровнем подготовки при стрельбе по неподвижной цели на расстоянии 100 м получить три попадания из пяти выстрелов.

Тактико-технические характеристики

Калибр ствола, мм 44
Калибр гранаты, мм 67
Масса гранатомета (снаряженный), кг 7,3
Масса гранаты, кг 2,5
Длина гранатомета, мм 880
Начальная скорость гранаты, м/с 170
Бронепробиваемость, мм 370
Скорострельность, выстр./мин 3
Прицельная дальность, м 200

LAW-80

Великобритания



На вооружении с 1983 г. Гранатомет одноразового применения, стрельба ведется из пускового устройства, одновременно служащего транспортным контейнером. Конструктивная особенность – 9-мм самозарядная пристрелочная винтовка, смонтированная под пусковой трубой. Переводчик вида позволяет вести стрельбу из винтовки и гранатомета с помощью одного спускового крючка. Применение пристрелочной винтовки в три раза увеличивает вероятность поражения цели.

Тактико-технические характеристики

Калибр ствола, мм 94
Калибр гранаты, мм 94
Масса гранатомета (снаряженный), кг 10
Масса гранаты, кг 4,6
Длина гранатомета, мм:
в боевом положении 1500
в походном положении 100
Начальная скорость гранаты, м/с 330
Бронепробиваемость, мм 700
Прицельная дальность, м 500

«Фальгоре»

Италия



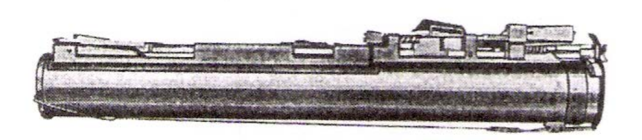
Разработан в конце 1970-х гг. Выпускается в двух вариантах: ручной и станковый. Для стрельбы используются унитарные выстрелы с активно-реактивной гранатой кумулятивного действия. Ручной гранатомет обслуживается одним человеком, стрельба ведется с плеча. При этом используется относительно простой оптический прицел. В станковом варианте установлен на треножном станке и снабжен оптическим прицелом с дальномером и электронным устройством для ввода углов упреждения.

Тактико-технические характеристики

Калибр ствола, мм	80
Калибр гранаты, мм	80
Масса гранатомета, кг	17
Масса с гранаты, кг	3
Длина гранатомета, мм	1850
Начальная скорость гранаты, м/с	380
Бронепробиваемость, мм	400
Скорострельность, выстр./мин	1-2
Прицельная дальность, м	400

M72

США



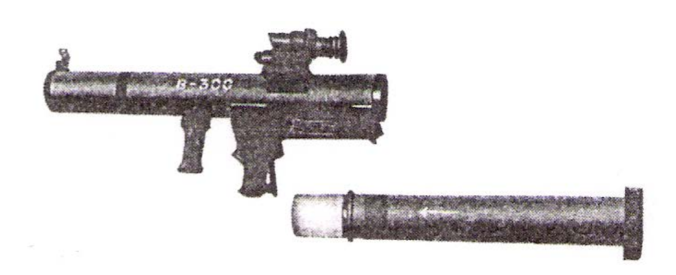
На вооружении с 1962 г. Гранатомет одноразового применения. Состоит из пускового устройства и реактивной кумулятивной гранаты. Пусковое устройство раздвижное, состоящее из двух труб. Стрельба ведется реактивной кумулятивной гранатой, стабилизируемой в полете раскрывающимся оперением. После выстрела пусковое устройство выбрасывается. Стрельба ведется с плеча с использованием диоптрического прицела.

Тактико-технические характеристики

Калибр ствола, мм	66
Калибр гранаты, мм	66
Масса гранатомета, кг	2,36
Масса гранаты, кг	1
Длина гранатомета, мм:	
в боевом положении	893
в походном положении	655
Начальная скорость гранаты, м/с	150
Бронепробиваемость, мм	200
Прицельная дальность, м	200

B-300

Израиль



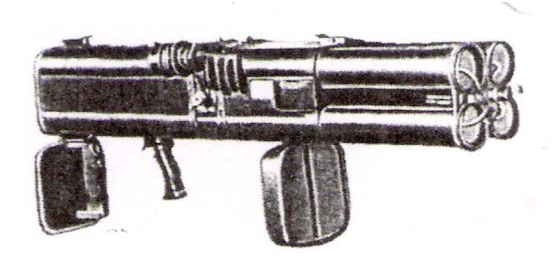
Производится с 1982г. Предназначен для поражения танков и других бронированных целей. По конструкции напоминает французский гранатомет LRAC F1. Перед выстрелом к задней части пускового устройства пристыковывается снаряженный транспортно-пусковой контейнер одноразового использования. Пусковое устройство изготовлено из армированной стекловолокном пластмассы и снабжено механическим и оптическим прицелами.

Тактико-технические характеристики

Калибр ствола, мм 82
Калибр гранаты, мм 82
Масса гранатомета (неснаряженный), кг 3,5
Масса гранаты, кг 3
Длина гранатомета, мм:
в боевом положении 1350
в походном положении 750
Начальная скорость гранаты, м/с 250-300
Бронепробиваемость, мм 400
Скорострельность, выстр./мин 2-3
Прицельная дальность, м 400

M-202A1

США



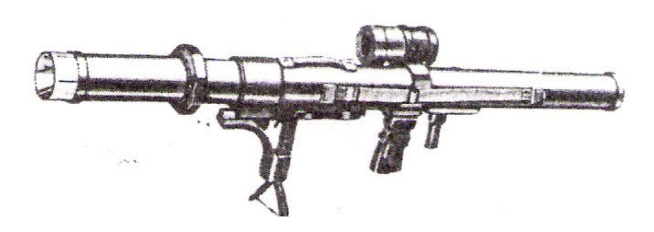
На вооружении с 1974 г. Разработан на базе гранатомета XM-191. Предназначен для поражения бронированных целей, транспортных средств, оборонительных сооружений, огневых средств и живой силы противника, расположенных открыто или находящихся в окопах и укрытиях. Гранатомет представляет собой четырехствольную пусковую установку с ударно-пусковым механизмом и оптическим прицелом. Заряжается с казенной части блоком выстрелов из четырех снарядов. Стрельба ведется с помощью оптического прицела.

Тактико-технические характеристики

Калибр ствола, мм 66
Калибр гранаты, мм 66
Масса гранатомета (неснаряженный), кг 6
Масса гранаты, кг 1,87
Длина гранатомета, мм:
в боевом положении 890
в походном положении 680
Бронепробиваемость, мм .... Сведений нет
Скорострельность, выстр./мин 4-8
Прицельная дальность, м 200

LRAC F1

Франция



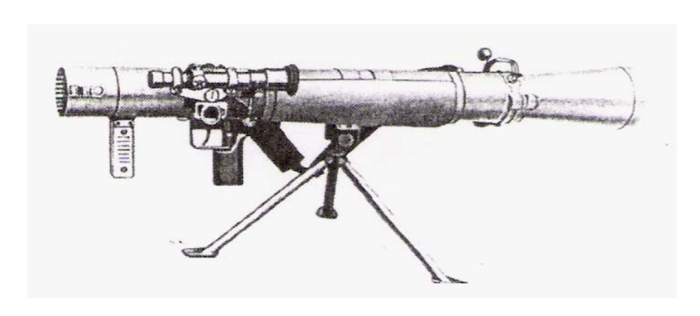
На вооружении с 1968 г. Представляет собой пусковую трубу с ударно-спусковым механизмом, сошкой и прицелом. В боевом положении к задней части пусковой трубы пристыковывается контейнер, внутри которого находится граната. После выстрела использованный контейнер заменяется снаряженным. Стрельба ведется выстрелами с кумулятивной, дымовой и осветительной реактивными гранатами. Для наводки используется механический или оптический прицел.

Тактико-технические характеристики

Калибр ствола, мм 88,9
Калибр гранаты, мм 88,9
Масса гранатомета, кг 5,5
Масса гранаты, кг 2,2
Длина гранатомета, мм:
в боевом положении 1600
в походном положении 1168
Начальная скорость гранаты, м/с 300
Бронепробиваемость, мм 420
Скорострельность, выстр./мин 1
Прицельная дальность, м 1000

FFV «Карл Густав» М2-550

Швеция



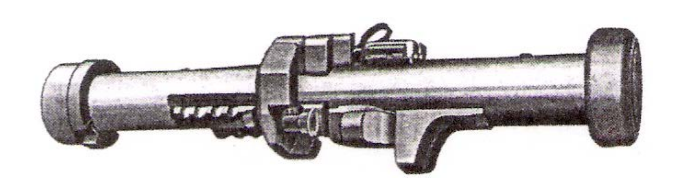
Выпускается с 1972 г. Разработан на базе гранатомета «Карл Густав» М2. Оснащен прицелом новой конструкции FFV555, который включает электронное устройство выработки упреждения. В конце 1980-х гг. к гранатомету разработаны новые боеприпасы с повышенной эффективностью: активно-реактивный выстрел FFV551 (дальность стрельбы – до 700 м), надкалиберная 135-мм граната FFV597 (бронепробиваемость – до 900 мм), граната FFV751 с тандемной боевой частью. Выпускается облегченный вариант РПГ «Карл Густав» М3 весом 8,5 кг.

Тактико-технические характеристики

Калибр ствола, мм 84
Калибр гранаты, мм 84
Масса гранатомета, кг 15
Масса гранаты, кг 2,2
Длина гранатомета, мм 1130
Начальная скорость гранаты, м/с 260
Бронепробиваемость, мм 400
Скорострельность, выстр./мин 2-4
Прицельная дальность, м 700

«Апилас»

Франция



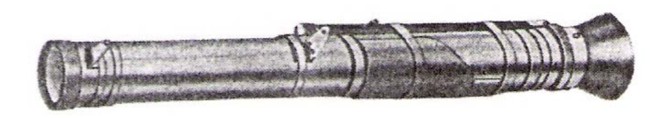
Разработан в 1981 г. Гранатомет одноразового применения. Состоит из пусковой трубы с плечевым упором и электроспусковым механизмом, оптического прицела и кумулятивной гранаты, помещенной в пусковую трубу в заводских условиях. На дульной части ствола имеется отражатель, защищающий стрелка от воздействия пороховых газов. При стрельбе с поставляемой вместе с гранатометом опоры эффективная дальность достигает 600 м, при стрельбе с плеча – 300 м. Для наводки используется оптический прицел трехкратного увеличения. Возможна установка ночного прицела.

Тактико-технические характеристики

Калибр ствола, мм 112
Калибр гранаты, мм 112
Масса гранатомета, кг 9
Масса гранаты, кг 4,3
Длина гранатомета, мм 1270
Начальная скорость гранаты, м/с 295
Бронепробиваемость, мм 700
Прицельная дальность, м 600

FFV AT4

Швеция



Производится с 1985 г. Средство ближнего боя одноразового применения. Предназначен для поражения танков и других бронированных машин. Пусковое устройство снаряжено выстрелом с реактивной гранатой, кумулятивная боевая часть которой способна пробить броневую плиту толщиной до 450 мм. Стрельба ведется с плеча, при этом используется открытый механический прицел.

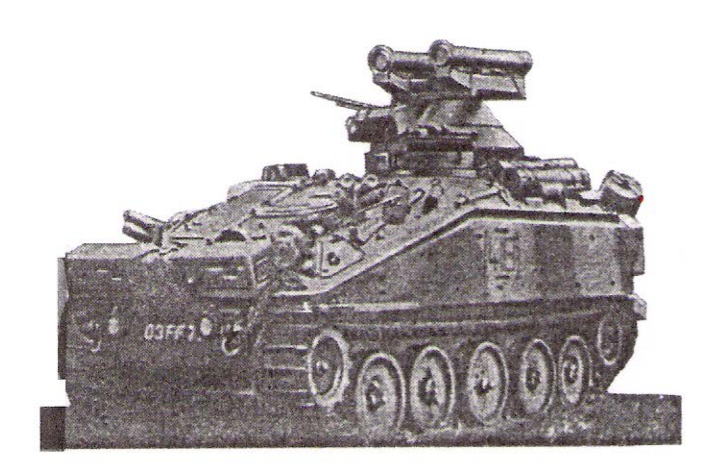
Тактико-технические характеристики

Калибр ствола, мм 84
Калибр гранаты, мм 84
Масса гранатомета, кг 6
Масса гранаты, кг 1,9
Длина гранатомета, мм 1000
Начальная скорость гранаты, м/с 290
Бронепробиваемость, мм 450
Прицельная дальность, м 200

ПРОТИВОТАНКОВЫЕ РАКЕТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

Самоходный ПТРК «Милан»

Великобритания



С 1979 г. в Великобритании по лицензии производится франко-западногерманский противотанковый ракетный комплекс «Милан», который в переносном варианте поступает на вооружение подразделений сухопутных войск. С целью повышения боевой эффективности фирмой «Алвис» разработан его самоходный вариант. В качестве базы использован состоящий на вооружении британской армии бронетранспортер «Спартан». В его боевом отделении установлен комплект прицельно-пускового оборудования для стрельбы ПТУР «Милан». Он выполнен в виде башенки кругового вращения, имеет две направляющие для ракет, между которыми смонтировано прицельное устройство оператора. Вес комплекта (без ракет) составляет 167 кг. В дополнение к установленному прицельно-пусковому оборудованию может быть смонтирован тепловизионный прицел для стрельбы в ночных условиях. Вспомогательное вооружение состоит из 7,62-мм пулемета. На лобовом листе корпуса смонтированы также два четырехствольных гранатомета для постановки дымовых завес.

В состав оборудования машины входят средства защиты от ОМП и аппаратура радиосвязи. На машине установлен шестицилиндровый автомобильный двигатель «Ягуар», мощность которого уменьшена со стандартных 265 до 195 л.с. Преодолеваемые препятствия: угол подъема 31°, ширина рва 2 м, высота стенки 0,5 м, глубина брода без подготовки 1м. Водные преграды машина преодолевает с помощью индивидуального плавсредства. Движение осуществляется за счет перемотки гусениц. Максимальная скорость 87 км/ч, на плаву 6,4 км/ч.

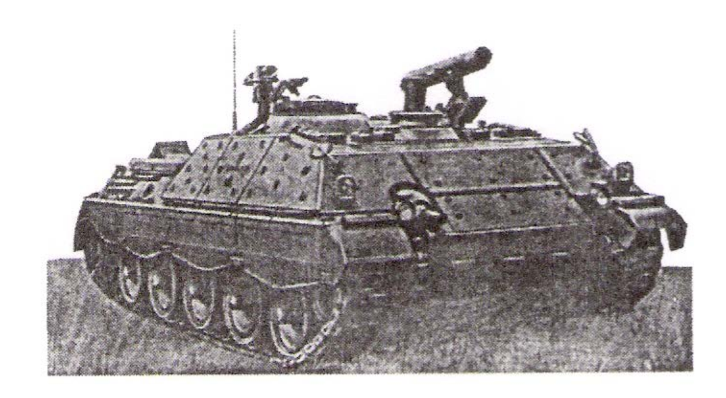
Тактико-технические характеристики

Масса комплекса, т	8,2
Калибр ракеты, мм	116
Средняя скорость ракеты, м/с	200
Тип боевой части	Кумулятивная
Система наведения	Командная по проводам
Бронепробиваемость, мм	550
Дальность стрельбы, м:	
максимальная	2000
минимальная	25

Самоходный ПТРК «Ягуар»

Германия

На вооружении бундесвера с 1963 г. состояла 90-мм самоходная противотанковая пушка «Ягдпанцер». С 1978 г. началось ее перевооружение на ПТРК «Хот». На прошедшее капитальный ремонт гусеничное шасси установили пусковое устройство K3S с барабанным механизмом, обеспечивающим автоматическое перезаряжание. Емкость магазина 8 ракет, возимый боекомплект 20 ракет. Практическая скорострельность пусковой установки – до трех пусков в минуту. Для наведения используется перископический прицел 4 – 12-кратного увеличения. Эта машина получила наименование «Ягуар-1». Всего было выпущено 316 машин этого типа. Аналогичную конструкцию имеет самоходный ПТРК «Ягуар-2», вооруженная ПТРК «Тоу». Боекомплект состоит из 15 ПТУР. Прицел этой самоходной установки позволяет вести стрельбу ночью. Всего выпущено около 1600 установок. Вспомогательное вооружение 7,62-мм пулемет. Броневая защита усилена накладными броневыми листами.



Самоходная установка имеет 8-цилиндровый V-образный многотопливный дизель фирмы «Даймлер-Бенц» мощностью 500 л.с. Механизм реверса позволяет машине двигаться назад с той же скоростью, что и вперед, и поворачиваться на месте. Максимальная скорость движения 63 км/ч. Корпус машины герметизирован. Она оборудована системой кондиционирования воздуха и фильтровентиляционной установкой. Без специальной подготовки машина преодолевает брод глубиной по крышу корпуса, а со специальным оборудованием может погружаться под воду.

Тактико-технические характеристики

Масса комплекса, т	28
Калибр ракеты, мм	136
Средняя скорость ракеты, м/с	260
Тип боевой части	Кумулятивная
Система наведения	Командная по проводам
Бронепробиваемость, мм	700-800
Дальность стрельбы, м:	
максимальная	4000
минимальная	75

Переносной ПТРК М47 «Дракон»

США



Принят на вооружение армией США в 1968 г. Самый легкий из аналогичных комплексов второго поколения, используется в качестве противотанкового средства пехотных подразделений до взвода включительно.

Комплекс представляет собой комплект пускового оборудования и управляемую противотанковую ракету в пластмассовом ТПК. Пусковое оборудование включает опорную двуногу, на которой устанавливаются ТПК и пульт управления, состоящий из телескопического прицела, инфракрасного приемника, электронного блока и пускового механизма. При подготовке к стрельбе наводчик соединяет пульт управления с контейнером – пусковой трубой, снимает с нее переднюю герметизирующую крышку, устанавливает опорную двуногу на нужную высоту и, наведя перекрестие прицела на цель, включает пусковой механизм. При этом задействуется термобатарея снаряда и открывается клапан подачи азота на раскрутку гироскопа. По достижении расчетной скорости вращения ротор гироскопа автоматически разарретируется и подает сигнал на воспламенение пороховых шашек газогенератора, расположенного в заднем конце пусковой трубы. Образующиеся газы срывают с пусковой трубы заднюю герметизирующую крышку и выталкивают снаряд с начальной скоростью 90 м/с. Истечение газов обеспечивает пуск без отдачи. Во время полета снаряда для коррекции его траектории включаются импульсивные двигатели, увеличивающие скорость ПТУР до 110 м/с.

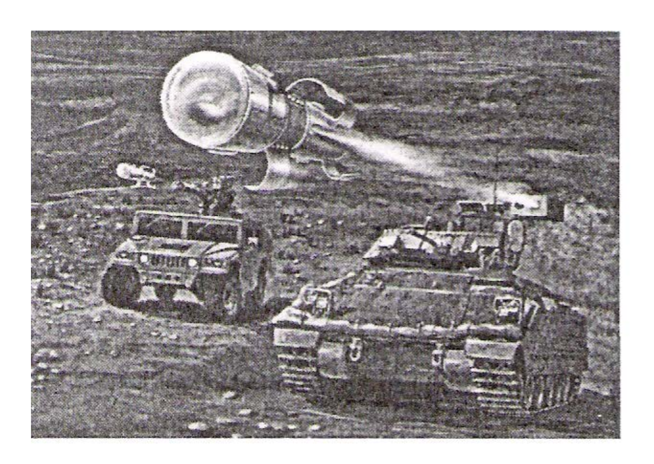
Система управления полуавтоматическая, с инфракрасной аппаратурой сопровождения и передачей команд по проводам. Имеется вариант «Дракон-II» с повышенной до 950 мм бронепробиваемостью, разрабатывается вариант «Дракон-III» с тандемной кумулятивной боевой частью и дальностью стрельбы более 1500 м.

Тактико-технические характеристики

Калибр ракеты, мм 122
Максимальная скорость ракеты, м/с 110
Тип боевой части .... Кумулятивная
Система наведения .... Командная по проводам
Бронепробиваемость, мм 430
Дальность стрельбы, м:
максимальная 1000
минимальная 30

«Тоу-2» T/F

США



С целью повышения боевой эффективности в 1980-х годах была проведена модернизация ПТРК «Тоу». После введения в состав аппаратуры наведения тепловизинного прицела AN/TAS-4 комплекс получил обозначение «Тоу-2». В 1987 г. для него разработана ракета с тандемной кумулятивной боевой частью («Тоу-2А), а несколько позже – ракета с наклоненной вниз спаренной боевой частью, поражающей бронированные цели сверху («Тоу-2В). Боевая ракета BGM-71F имеет двухфункциональный взрыватель, состоящий из оптического и магнитного датчиков. Он обеспечивает высокую вероятность идентификации целей (в частности, отличает настоящий танк от макета, изготовленного из дерева и брезента). По его команде боевые кумулятивные части ракеты последовательно срабатывают в одну точку корпуса или башни танка.

Для установки «Тоу-2» разработан самоходный ТПРК М901, принятый на вооружение сухопутными войсками США в 1978 г. Он создан на базе плавающего гусеничного бронетранспортера М113А1. Имеет выдвижную бронированную платформу с двумя направляющими, размещенную в модифицированной башенке кругового вращения. Перезаряжание осуществляется экипажем вручную примерно за 40 с. Между направляющими находятся приемник ИК-излучения, объективы прицелов и устройство преобразования тепловизионного прицела.

Возимый боекомплект состоит из 12 ПТУР «Тоу-2». Экипаж машины 4-5 человек, она отличается хорошей проходимостью и высокими скоростными характеристиками. Максимальная скорость движения 68 км/ч. Машина плавает. По сравнению с базовой машиной броня самоходного ПТРК усилена и защищает экипаж от пуль стрелкового оружия и осколков артиллерийских снарядов и мин.

Тактико-технические характеристики

Калибр ракеты, мм 152
Максимальная скорость ракеты, м/с 200
Тип боевой части .... Тандемная кумулятивная
Система наведения .... Командная по проводам
Бронепробиваемость, мм .... Более 1000
Масса комплекса М901,т 11,8
Дальность стрельбы, м:
максимальная 3750
минимальная 65

Переносной ПТРК «Джавелин»
США



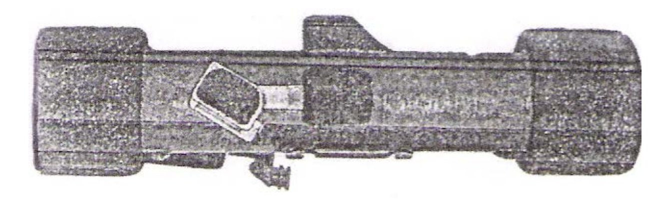
ПТРК «Джавелин» (Javelin – метательное копье) разработан фирмами «Тексас Инструмента» и «Мартин Мариэтта». В 1996 г. принят на вооружение армией и корпусом морской пехоты США и предназначен для замены легкого ПТРК «Дракон».

Комплекс состоит из блока прицельно-пускового оборудования (ППО) и управляемой противотанковой ракеты в транспортно-пусковом контейнере. Блок ППО включает дневной и ночной (тепловизионный) прицелы, интегрированные с органами пуска ракеты и дисплеем изображения в поле зрения окуляра. Ракета оснащена инфракрасной головкой самонаведения, системой слежения, стартовым и маршевым двигателями и тандемной кумулятивной БЧ. Перед запуском наводчик устанавливает способ атаки: прямая или сверху. Система управления ракеты позволяет вести стрельбу по принципу «выстрелил–забыл»: наводчик захватывает цель прицелом и «показывает» её головке самонаведения, которая затем «замыкается» на цепи и после запуска самонаводится. Запуск ракеты может производиться из закрытых помещений.

Тактико-технические характеристики

Калибр ракеты, мм	127
Максимальная скорость ракеты, м/с	Сведений нет
Тип боевой части	Тандемная кумулятивная
Система наведения	«Выстрелил–забыл»
Бронепробиваемость, мм	Сведений нет
Дальность стрельбы, м:	
максимальная	2500
минимальная	Сведений нет

Переносный ПТРК «Предатор»
США



ПТРК «Предатор» (Predator – хищник) разработан фирмой «Локхид Мартин» и предназначен для замены ПТРК М72 «Дракон». В 1998 г. начались поставки корпусу морской пехоты США первых комплексов этого типа из 50000 заказанных. По своим весовым характеристикам соответствует ручным противотанковым гранатометам (масса комплекса 8 кг, ракеты 3 кг). Состоит из пусковой установки и управляемой противотанковой ракеты. Пусковая установка представляет собой транспортно-пусковой контейнер, на котором смонтированы оптический прицел и стреляющий механизм. Ракета снабжена двухступенчатым (стартовым и маршевым) двигателем и рассчитана на поражение бронированных целей сверху.

В ПТУР реализован принцип «выстрелил–забыл». Оператор при помощи прицела наводит ПТУР в середину танка, если он движется, сопровождает ее. Датчики угловой скорости, установленные на ракете, в последние 2 с перед выстрелом передают данные на измерители инерционного типа бортовой аппаратуры, что исключает необходимость определения скорости наводчиком. Запуск ракеты производится стартовым двигателем, а маршевый включается на удалении 5 м от ПУ. На начальном участке траектории ПТУР летит несколько выше линии визирования, затем на дальности 65 м поднимается еще выше. Управление осуществляется изменением вектора тяги маршевого двигателя. При полете над целью двухфункциональный оптико-магнитный взрыватель детонирует ВВ, в результате образуется ударное ядро, летящее в цель вертикально вниз со скоростью 2000 м/с. Это обеспечивает поражение брони толщиной до 500 мм. Самонаведение осуществляется лазерным устройством.

Тактико-технические характеристики

Калибр ракеты, мм	140
Максимальная скорость ракеты, м/с	300
Тип боевой части	Кумулятивная
Система наведения	«Выстрелил–забыл»
Бронепробиваемость, мм	500
Дальность стрельбы, м:	
максимальная	700
минимальная	Сведений нет

О Г Л А В Л Е Н И Е

Щербаков Борис Федорович, Румянцев Борис Васильевич

Противотанковые ракетные комплексы

Редактор *Г.М. Звягина*
Корректор *Л.А. Петрова*
Подписано в печать 07.10.2010. Формат бумаги 60x84/8. Бумага документная.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 12,625. Тираж 100 экз. Заказ № 157.
Балтийский государственный технический университет
Типография БГТУ
190005, С.-Петербург, 1-я Красноармейская ул., д.1